CARL SAGAN

LOS DRAGONES DEL EDÉN

Especulaciones sobre la evolución de la inteligencia humana

SHOUT
SHARE
IT

Los dragones del Edén es un libro mítico, publicado por vez primera en 1977 y galardonado con el premio Pulitzer. Casi treinta años después, conserva toda su frescura e interés. En una impresionante ojeada panorámica que abarca desde la prehistoria hasta la época actual, Carl Sagan explica la evolución intelectual y mental del ser humano, habla de nuestros antepasados y sus antagonistas, describe la mecánica de nuestro cerebro y del de otros animales y dilucida el papel que han desempeñado los ordenadores en el conocimiento de los mecanismos de nuestro cerebro y en el almacenamiento de la información en nuestra memoria. Hallamos también en estas páginas fascinantes incursiones en los terrenos del mito y la leyenda, así como atrevidas especulaciones sobre los cauces futuros por los que parece va a discurrir la evolución del hombre. Isaac Asimov dijo de este libro: «Carl Sagan posee el toque del rey Midas. Nunca había leído hasta ahora un relato tan interesante y cautivador sobre el tema de la inteligencia humana».

Carl Sagan

Los dragones del Edén

Especulaciones sobre la evolución de la inteligencia humana

ePub r1.0
Titivillus 11.03.18

Título original: *The Dragon of Eden*
Carl Sagan, 1977
Traducción: Rafael Andreu y Domenec Bergada

Editor digital: Titivillus
ePub base r1.2

A mi esposa
Linda
con amor

AGRADECIMIENTOS

Escribir un libro sobre un tema tan alejado de la propia especialidad es, en el mejor de los casos, aventurado. Aun así, como he intentado explicar, la tentación fue irresistible. Sean cuales sean las virtudes de este libro, se deben en gran parte a los hombres de ciencia que han realizado la investigación básica de la que vamos a ocuparnos, y, también, a los biólogos y especialistas en ciencias sociales que tuvieron el gesto de leer y dar réplica a mis razonamientos. Estoy muy reconocido al difunto L. S. B. Leakey y a Hans Lukas Teuber por sus comentarios críticos y estimulantes contrastes de opiniones, y también a Joshua Lederberg, James Maas, John Eisenberg, Bernard Campbell, Lester y David Grinspoon, Stephen Jay Gould, William Dement, Geoffrey Bourne, Philip Morrison, Charles Hocket, Ernest Hartmann, Richard Gregory, Paul Rozin, Jon Lomberg, Timothy Ferris y, muy en especial, a Paul MacLean. Aprecio en lo que vale la minuciosa atención que algunos de ellos dispensaron a este texto, así como la obtenida de Anne Freedgood, directora editorial de la obra, y de Nancy Inglis, encargada de la revisión de originales, una y otra del equipo editorial de Random House, en la lectura de las primeras redacciones del libro. Creo inútil manifestar que ninguno de ellos tiene parte alguna en los errores que se hayan podido deslizar en mi estudio. Deseo también dar las gracias a Linda Sagan y a Sally Forbes por la labor de documentación realizada en la búsqueda de ilustraciones. Asimismo, quiero agradecer a diversos colegas que me hayan dejado consultar sus trabajos antes de darlos a la luz pública y a Don Davis la confección de la sobrecubierta, que no pretende ser representación literal de una época geológica en concreto, sino simple alegoría de algunas de las ideas que expongo en el presente libro. Parte de mi trabajo ha sido posible gracias al año de vacación sabática que

me ha concedido la Universidad de Cornell. También agradezco muy de veras la hospitalidad recibida de L. E. H. Trainor, M. Silverman, C. Lumsden y Andrew Baines, rector del New College, todos ellos afectos a la Universidad de Toronto. La revista *Natural History* ha publicado amplios extractos del primer capítulo. Por lo demás, algunos de los conceptos expuestos fueron presentados en un coloquio organizado conjuntamente por el Instituto de Higiene Mental de Massachusetts y el Departamento de Psiquiatría de la Facultad de Medicina de Harvard, y también en una de las conferencias del ciclo que patrocina la Fundación L. S. B. Leakey en el Instituto de Tecnología de California. En la redacción de este libro desempeña un papel importante la labor mecanográfica de Mary Roth y, muy en especial, la meticulosa y reiterada transcripción mecanográfica de los múltiples borradores efectuada por Shirley Arden.

El ser humano se halla a medio camino entre los dioses y las bestias.

PLOTINO

Me temo que la principal conclusión que se desprende de la lectura de este libro, a saber, que el hombre desciende de una forma orgánica de rango inferior, irritará grandemente a muchas personas. Sin embargo, no cabe duda de que somos la progenie evolucionada de criaturas primitivas. Jamás olvidaré la sensación de pasmo que me invadió al contemplar por vez primera a un grupo de fueguinos en una bravía y desolada zona costera, porque en seguida me vino a la mente la semejanza de nuestros antecesores con aquellos salvajes. Iban completamente desnudos, la piel pintarrajeada, el largo cabello enmarañado y echaban espumarajos por la boca a causa de la turbación que experimentaban. Su semblante, sobresaltado y receloso, tenía expresión de ferocidad. No conocían arte ni oficio alguno y, cual alimañas, vivían de lo que cazaban. No poseían organización social y se mostraban implacables para con todos los que no pertenecieran a su reducida tribu. Quien haya visto a un salvaje en su entorno natural no sentirá excesivo rubor si se ve obligado a reconocer que por sus venas fluye la sangre de criaturas de un orden más bajo. En lo que a mí concierne, prefiero descender del heroico monito que se plantó ante su más temido enemigo para salvar la vida de su cuidador o del viejo babuino que descendió de la montaña y arrebató triunfalmente a un camarada más joven de los dientes de una sorprendida jauría, que de un salvaje que halla placer en torturar a sus enemigos, que ofrece sacrificios sangrientos, comete infanticidios sin el menor escrúpulo, trata a sus

mujeres como esclavas, no conoce el decoro y es víctima de las más necias supersticiones.
Al hombre se le puede disculpar que experimente cierto orgullo por haber escalado, aunque no con su esfuerzo, la cúspide de la jerarquía orgánica. Por otra parte, el hecho de que haya ascendido a dicho puesto, de que no se encontrase en él desde un buen principio, le permite concebir esperanzas de alcanzar en un futuro lejano objetivos aún más encumbrados. Pero lo que ahora importa no son las esperanzas ni los temores, sino solamente la verdad, en la medida en que nuestra razón nos permita desvelarla. He procurado presentar las pruebas recogidas lo mejor que he sabido, y en mi opinión, resulta forzoso reconocer que el hombre, a pesar de las nobles cualidades que le adornan, de la compasión que muestra hacia los más menesterosos, de su bondad no sólo para con los otros hombres, sino también para con las criaturas más insignificantes, de su intelecto divino y de que ha llegado a elucidar los movimientos y constitución del sistema solar, a pesar de todo ello, digo, el hombre aún lleva impresa en su estructura corpórea la huella indeleble de su humilde origen.

CHARLES DARWIN, *El origen del hombre*

Hermano soy de los dragones y amigo de las lechuzas.

(*Job*, 30,29)

INTRODUCCIÓN

En buena lógica, ¿no debería la mente del orador conocer la sustancia del tema sobre el que se dispone a hablar?

PLATÓN, *Fedro*

No sé de un solo tratado, antiguo o moderno, que pueda proporcionarme una explicación convincente del medio físico que me rodea. La mitología es lo que más se acerca a lo que ando buscando.

HENRY DAVID THOREAU, *The Journal*

Jacob Bronowski forma parte del reducido grupo de hombres y mujeres que en el transcurso de la historia se han sentido atraídos y han logrado acceder a toda la gama del saber humano: las letras, las ciencias, la filosofía y la psicología. Bronowski rebasa el ámbito de la especialización en una sola disciplina para sobrevolar el vasto panorama de la erudición humana. Su libro, *The ascent of man*, adaptado también para la televisión, constituye un soberbio instrumento educativo a la par que un notable tributo al pasado. En cierto modo viene a relatarnos la evolución paralela del ser biológico y del ser intelectivo.

El último capítulo de la obra y episodio final de la serie televisiva, titulado «La dilatada infancia», hace referencia al vasto período de tiempo —mucho más prolongado en los individuos de nuestra especie que en los de cualquier otra si tomamos como referencia la duración total de sus respectivas vidas— en que el niño permanece bajo la dependencia del sujeto adulto y su gran plasticidad, es decir, la capacidad que posee para adaptarse al entorno físico y cultural. Casi todos los organismos terrestres actúan en buena medida conforme al legado genético de que son portadores y que ha sido «previamente transmitido» al sistema nervioso del individuo, siendo la información extragenética recogida en el curso de su vida un factor secundario.

Sin embargo, en el caso del hombre y de los demás mamíferos sucede exactamente lo contrario. Sin desconocer el notable influjo del legado genético en nuestro comportamiento, nuestros cerebros ofrecen muchísimas más oportunidades de establecer nuevos modelos de conducta y nuevas pautas culturales en cortos períodos de tiempo que en cualquier otro ser vivo. Por decirlo de algún modo, hemos concertado un pacto con la

naturaleza según el cual el difícil proceso de maduración del niño viene compensado por su capacidad de aprendizaje, lo que incrementa en gran manera las posibilidades de supervivencia de la especie humana. A más abundamiento, el ser humano, en la restringida y más reciente fase de su largo devenir biológico-intelectivo, se ha procurado no sólo información extragenética, sino también conocimientos extrasomáticos, o sea, información acumulada fuera de nuestro cuerpo, fenómeno del que la escritura constituye el ejemplo más significativo.

Las transformaciones evolutivas o genéticas se consuman al cabo de extensos períodos de tiempo. Para determinar el intervalo que media entre la aparición de una especie superior a partir de su antecedente podría tomarse como base un período de cien mil años; por lo demás, con frecuencia las diferencias de comportamiento entre especies animales muy próximas —leones y tigres, por ejemplo— no parecen ser muy considerables. Una muestra de evolución reciente de un elemento corporal en el hombre la tenemos en los dedos del pie. El dedo gordo desempeña una función importante en la conservación del equilibrio al andar, pero el papel de los restantes dedos no es, ni muchísimo menos, tan manifiesto. Es indudable que estos dedos son un elemento evolucionado de los apéndices digitales que algunos animales, como los simios y los monos trepadores, utilizan para aferrarse o maniobrar ágilmente. Este ejemplo de evolución constituye una re-especialización, es decir, la adaptación de un órgano primitivamente evolucionado para una función específica a otra muy distinta, que no se materializó por completo hasta transcurridos unos diez millones de años. (Los pies del gorila de las montañas han seguido una evolución pareja, aunque enteramente autónoma).

Hoy, sin embargo, no es preciso aguardar diez millones de años en espera de que se produzca la próxima mutación. Vivimos una época de cambios acelerados sin precedentes, y puesto que estos cambios son en buena parte obra humana, es imposible soslayarlos. No queda más alternativa que ajustarse, adaptarse al cambio, controlarlo o perecer.

Probablemente, sólo un mecanismo de aprendizaje extragenético puede afrontar el rapidísimo proceso de transformación que soporta la especie humana. En este sentido, la rápida evolución del intelecto humano que hoy

se observa es, por un lado, la causa, y por otro, la única solución concebible a los muchos y graves problemas que nos acechan. Creo de veras que una mejor comprensión de la naturaleza y evolución de la inteligencia humana puede ayudarnos a enfocar con lucidez los peligros ignotos que sin duda esconde el futuro.

Otra de las razones que me han movido a interesarme por el tema de la evolución del factor cognoscitivo es que hoy, por vez primera en la historia, disponemos de un poderoso instrumento que permite establecer comunicación a través de las inmensas distancias interestelares. Me refiero al radiotelescopio de gran alcance. Aunque un tanto a ciegas y con paso vacilante, hemos empezado a utilizarlo a ritmo creciente para dilucidar si existen otras civilizaciones ubicadas en extraños mundos, a distancias inimaginables, que están enviando radiomensajes a la Tierra. Tanto la existencia de dichas civilizaciones como la naturaleza de los hipotéticos mensajes que tal vez transmitan sólo se conciben en la universalidad de la evolución del cerebro humano tal como se ha producido en nuestro planeta. De ahí que parezca lógico suponer que el estudio de la evolución del ser racional en la Tierra permitirá obtener pistas o perspectivas que arrojen un poco de luz a la investigación sobre la existencia de seres inteligentes en el espacio extraterrestre.

Me complació en extremo inaugurar el ciclo de conferencias sobre filosofía natural dedicado a la memoria de Jacob Bronowski que organizara la Universidad de Toronto en noviembre de 1975. Durante la redacción del presente libro amplié de manera sustancial el ámbito de lo tratado en dicha conferencia, procurándoseme a cambio la estimulante oportunidad de ampliar conocimientos sobre temas que no son de mi especialidad. Sentí el irresistible impulso de sintetizar parte de los conocimientos adquiridos dentro de un marco coherente y de avanzar algunas hipótesis sobre la naturaleza y la evolución del intelecto humano que tal vez aporten alguna idea original y que, por lo menos, bucean en un terreno que no ha sido estudiado con amplitud.

Tarea ímproba, ya que si bien poseo estudios académicos de biología y llevo años investigando sobre el origen y primeros estadios evolutivos de los organismos vivos, carezco de conocimientos sólidos, por poner un

ejemplo, en los terrenos de la anatomía y fisiología cerebrales. En consecuencia, al exponer las ideas que siguen lo hago con cierto sentimiento de inseguridad, consciente de que muchas de ellas entran en el terreno de la especulación y sólo pueden aceptarse o desecharse una vez sometidas a verificación. En todo caso, esta labor de análisis me ha ofrecido la oportunidad de atisbar un tema fascinante. Quizá las observaciones que formulo induzcan a otros a profundizar en su estudio.

El postulado capital de la biología, aquél que a tenor de nuestros conocimientos nos permite distinguir entre ciencias biológicas y ciencias físicas, es la idea de evolución a través de la selección natural, el trascendental hallazgo que realizaron Charles Darwin y Alfred Russel Wallace a mediados del siglo XIX[1]. Las perfeccionadas y espléndidas formas de vida que hoy conocemos han ido configurándose a través de la selección natural, o dicho en otros términos, la reproducción y supervivencia prioritarios de los individuos de cada especie accidentalmente más adaptados a su medio. La evolución de un órgano tan complejo como el cerebro debe enlazar inextricablemente con las etapas primerizas de la historia de la vida, con su vacilante progreso e insalvables valladares, con la tortuosa adaptación de los organismos vivos a condiciones cambiantes que una y otra vez ponen en trance de extinción formas de vida que en su origen estuvieron perfectamente adaptadas al medio. La evolución es fortuita y escapa a todo pronóstico. Tan sólo la muerte de un inmenso número de organismos mal adaptados nos permite a nosotros dar testimonio de vida.

La biología se asemeja más a la historia que a la física. Queremos decir con ello que las calamidades, errores y circunstancias favorables del pasado prefiguran en gran manera el presente. Al abordar una cuestión biológica tan intrincada como es la naturaleza y evolución de la inteligencia humana estimo, como mínimo, prudente conceder un valor sustancial a los razonamientos derivados de la evolución que ha experimentado el cerebro humano.

En lo que atañe al cerebro, parto de la premisa fundamental de que su actividad, lo que a veces solemos denominar «pensamiento», es mera y exclusiva consecuencia de su anatomía y fisiología. Quizás el

«pensamiento» sea el resultado de la acción, separada o conjunta, de los componentes del cerebro, mientras que ciertos procesos pueden ser consecuencia de la actuación del cerebro en bloque. Por lo visto, algunos estudiosos del tema han llegado a la conclusión de que ninguna futura generación de neuroanatomistas podrá aislar y localizar todas las funciones superiores del cerebro puesto que ellos han fracasado en el empeño. Pero la ausencia de pruebas no es prueba válida de la ausencia. La historia reciente de la biología demuestra sin lugar a dudas que en buena medida somos el resultado de las interacciones de un complejísimo conglomerado molecular. Hoy, la naturaleza del material genético, antaño sanctasanctórum de la biología, se explica básicamente en función de los procesos químicos que desarrollan los ácidos nucleicos que lo constituyen, el ADN y el ARN, y de sus elementos activos, las proteínas. En el ámbito de la ciencia y sobre todo en el de la biología, se observa con frecuencia que los individuos más familiarizados con los entresijos de una cuestión tienden a sustentar criterios más empecinados (y a la postre erróneos) sobre la hipotética inasequibilidad del tema que quienes lo contemplan desde cierta distancia. Por otra parte, me doy perfecta cuenta de que si este alejamiento es excesivo se corre el riesgo de confundir lo que no es sino ignorancia con supuesta percepción del problema. Sea como fuere, amparándome tanto en la clara tendencia que se observa en los más recientes progresos de la biología como en el hecho de que no se dispone de la menor prueba que la sustente, omitiré en estas páginas toda mención a la hipótesis acerca de lo que acostumbraba a conocerse como el dualismo cuerpo-mente, o sea, la noción de que en el interior de la sustancia corpórea material se contiene otra de muy distinta composición llamada mente.

Parte del estímulo y hasta del goce que uno halla en el estudio de la cuestión radica en el nexo que guarda con todas las áreas del esfuerzo humano, en especial la posible interacción de los conocimientos obtenidos del estudio de la fisiología del cerebro con las percepciones derivadas de la introspección humana. Por suerte, existe un cuantioso legado de estas últimas. En un pasado remoto, las más ricas, intrincadas y profundas de tales percepciones se denominaban mitos. «Los mitos son hechos jamás acaecidos pero siempre presentes», dijo Salustio en el siglo IV. En los

Diálogos platónicos, y también en *La República*, observamos que cada vez que se aborda un punto de vital importancia, Sócrates echa mano de un mito (recuérdese la parábola de la cueva, por aducir el ejemplo más conocido). Y conste que no me refiero aquí al vocablo «mito» entendido en el sentido que normalmente se le otorga, como un hecho que aun siendo contrario a la realidad natural goza de amplia aceptación en el seno de una colectividad, sino que lo utilizo en su acepción primigenia de metáfora sutil referida a una cuestión que no puede explicarse de otro modo. En consonancia con lo dicho, el lector hallará, entremezcladas con las disquisiciones objeto de estas páginas, alusiones esporádicas a mitos antiguos y modernos. Incluso el título de esta obra se debe a la sorprendente idoneidad de diversos mitos tradicionales y contemporáneos.

Aunque albergo la esperanza de que algunas de las conclusiones que expongo atraigan el interés de las personas dedicadas al estudio del intelecto humano, debo aclarar que, en principio, este libro va destinado al profano interesado en la materia. En el capítulo II se vierten conceptos algo más densos que en el resto de mi estudio. Aun así, confío en que el lector podrá salvar el obstáculo con un pequeño esfuerzo suplementario. De lo dicho se infiere que el libro no es de difícil lectura. Como norma general, los vocablos técnicos que aparecen ocasionalmente sé definen antes de entrar en materia y, además, han sido incorporados al glosario de términos que figura al final del libro. Las tablas, cuadros, gráficos y esquemas son elementos auxiliares que, junto con el mentado glosario, facilitarán la comprensión del libro a los que no posean estudios en materia científica. Por lo demás, sospecho que la correcta interpretación de las ideas expuestas no va a suponer que el lector esté de acuerdo con ellas.

En el año 1754, Jean-Jacques Rousseau escribía en el primer párrafo del *Discurso sobre el origen y la desigualdad de los hombres*:

> Aunque para poder discernir con acierto el estado natural del hombre importa estudiarlo en sus orígenes … no voy a seguir su organización a través de las sucesivas fases que ha conocido … Sobre este particular no haría sino perderme en imprecisas y casi visionarias conjeturas. Hasta el momento, la anatomía comparada no

> ha progresado gran cosa, y las observaciones de los naturalistas me parecen demasiado endebles para ser utilizadas como plataforma válida sobre la que erigir una argumentación sólida.

Las prevenciones de Rousseau, formuladas hace más de dos siglos, siguen teniendo vigencia. No obstante, se han producido significativos avances en la investigación tanto de la anatomía del cerebro como de la conducta del hombre y de los animales, aspectos que Rousseau, muy atinadamente, conceptuaba de vital importancia en el marco de la cuestión. Tal vez ya no sea prematuro intentar una síntesis de carácter preliminar.

1

EL CALENDARIO CÓSMICO

¿Qué otra cosa vislumbras
en la oscura lejanía, allá en el abismo del tiempo?

W. SHAKESPEARE, *La Tempestad*

El mundo es viejísimo y el ser humano sumamente joven. Los acontecimientos relevantes de nuestras vidas se miden en años o fracciones de tiempo aún más pequeñas, en tanto que la duración de una vida humana se reduce a unos pocos decenios, el linaje familiar a unos cuantos siglos y los hechos que registra la historia a unos milenios. Y, sin embargo, se extiende a nuestras espaldas un fantástico panorama temporal que se pierde en un pasado remotísimo del que apenas sabemos nada. En primer lugar porque no poseemos testimonios escritos, y en segundo lugar porque resulta muy difícil hacerse una idea de la inmensidad de los períodos involucrados.

Aun así hemos logrado fechar algunos hitos de este remoto pasado. La estratificación geológica y la fijación de cronología en base al empleo de métodos radiactivos aportan datos sobre las distintas etapas arqueológicas, paleontológicas y geológicas. La teoría astrofísica suministra información sobre la edad de los planetas, las estrellas y la galaxia de la Vía Láctea, así como una estimación del tiempo transcurrido desde que acaeció este trascendental suceso conocido como el *Big Bang*, es decir, la gigantesca explosión cósmica que afectó a toda la materia y la energía del universo. Quizás el *Big Bang* fuera el principio del universo, o puede que supusiera una discontinuidad que acabó con toda información sobre los más remotos orígenes del cosmos. Pero lo indudable es que constituye el fenómeno más remoto del que se tiene noticia.

Para expresar la cronología cósmica nada más sugerente que comprimir los quince mil millones de años de vida que se asignan al universo (o, por lo menos, a su conformación actual desde que acaeciera el *Big Bang*) al intervalo de un solo año. Si tal hacemos, cada mil millones de años de la historia terrestre equivaldrían a unos veinticuatro días de este hipotético año cósmico, y un segundo del mismo correspondería a 47 5 revoluciones efectivas de la Tierra alrededor del Sol. En las tablas 1, 2 y 3 presento la cronología cósmica de tres formas: una relación de fechas significativas anteriores al mes de diciembre; un calendario del mes de diciembre y una visión más pormenorizada de la nochevieja, o sea del 31 de diciembre. Si se toma como base esta escala temporal, las efemérides narradas en los libros de historia —aún en aquellos que se esfuerzan en ampliar la visión de los hechos— se nos presentan tan apretujados que es necesario recurrir a una exposición detallada de los últimos segundos del año cósmico. Aún así, nos vemos obligados a reseñar como sucesos contemporáneos hechos que se nos ha enseñado a

considerar muy distanciados en el tiempo. Es probable que en los anales de la vida se hayan producido acontecimientos igualmente cruciales en otros períodos, como, por ejemplo, entre las 10.02 y las 10.03 de la mañana del 6 de abril o del 16 de septiembre. Pero lo cierto es que tan sólo podemos ofrecer una visión pormenorizada del postrer intervalo del año cósmico.

La cronología se ha confeccionado de acuerdo con las pruebas más consistentes de que disponemos. No obstante, algunas resultan bastante inseguras. Por ello, nadie debe extrañarse si un día llega a determinarse que la vegetación no empezó a cubrir la superficie de la Tierra en el período silúrico, sino en el ordoviciense; o que los gusanos segmentados aparecieron en una fase del precámbrico más temprana de lo que se indica. Asimismo, es obvio que al confeccionar la cronología de los últimos diez segundos del año cósmico no me fue posible incluir todos los sucesos de relieve, y en este sentido espero que se me perdone el no haber mencionado de manera explícita los progresos acaecidos en el campo de las artes, la música, la literatura, o, en otro orden, las revoluciones americana, francesa, rusa y china, tan cargadas de significación histórica.

TABLA 1. FECHAS ANTERIORES A DICIEMBRE

El «Big Bang» (la «gran explosión»)	1 de enero
Origen de la galaxia de la Vía Láctea	1 de mayo
Origen del sistema solar	9 de septiembre
Formación de la Tierra	14 de septiembre
Origen de la vida en la Tierra	~ 25 de septiembre
Formación de las rocas más antiguas conocidas	2 de octubre
Época de los fósiles más antiguos (bacterias y algas verdiazules)	9 de octubre
Diferenciación sexual (en los microorganismos)	~ 1 de noviembre
Plantas fotosintéticas fósiles más antiguas	12 de noviembre
Aparecen las eucariotas (primeras células con núcleo)	15 de noviembre

~ = *fecha aproximada*

TABLA 2. CALENDARIO CÓSMICO

DICIEMBRE

DOMINGO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
	1 Formación de una atmósfera apreciable	**2**	**3**	**4**	**5** Formación extensiva de álveos y masas	**6**

	de oxígeno en la Tierra.				volcánicas en Marte.	
7	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**
14	**15**	**16** Primeros gusanos.	**17** Fin del precámbrico. Inicio de la era paleozoica y del período cámbrico. Aparecen los invertebrados.	**18** Primer plancton marino. Aparecen los trilobites.	**19** Período ordoviciense. Primeros peces. Aparecen los vertebrados.	**20** Período silúrico. Primeras plantas vasculares. La vegetación empieza a cubrir el suelo.
21 Comienzo del período devónico. Primeros insectos. Los animales empiezan a poblar la Tierra.	**22** Aparecen los primeros anfibios. Primeros insectos alados.	**23** Período carbonífero. Primera flora arbórea. Aparecen los reptiles.	**24** Período pérmico. Primeros dinosaurios.	**25** Fin de la era paleozoica. Se inicia el mesozoico.	**26** Período triásico. Aparición de los mamíferos.	**27** Período jurásico. Aparición de las aves.
28 Período cretáceo. Primeras flores. Se extingue el dinosaurio.	**29** Era mesozoica. Empieza la era cenozoica y el terciario. Primeros cetáceos y primates.	**30** Primera evolución de los lóbulos frontales del cerebro de los primates. Primeros homínidos. Aparición de los grandes mamíferos.	**31** Fin del plioceno. Período cuaternario (pleistoceno y holoceno). Aparición del primer hombre.			

TABLA 3. EL CALENDARIO CÓSMICO

31 de diciembre

Origen del *Procónsul* y del *Ramapithecus*, probables ascendientes del simio y del hombre	~ 13.30
Aparición del primer hombre	~ 22.30
Uso generalizado de los útiles de piedra	23.00
El hombre de Pekín aprende a servirse del fuego	23.46
Empieza el último período glaciar	23.56
Pueblos navegantes colonizan Australia	23.58
Florece el arte rupestre en toda Europa	23.59
Invención de la agricultura	23.59.20
Cultura neolítica. Primeros poblados	23.59.35
Primeras dinastías en Sumer, Ebla y Egipto. Grandes avances de la astronomía	23.59.50
Invención del alfabeto. Imperio acadio. Babilonia y los códigos de Hammurabi. Egipto: Imperio Medio	23.59.52
Metalurgia del bronce. Cultura micénica. Guerra de Troya. Cultura olmeca. Invención de la brújula	23.59.53
Metalurgia del hierro. Primer Imperio asirio. Reino de Israel. Los fenicios fundan Cartago	23.59.54
La India de Asoka. China: dinastía Chi'n. La Atenas de Pericles. Nacimiento de Buda	23.59.55
Geometría euclidiana. Física de Arquímedes. Astronomía ptolemaica. Imperio romano. Nacimiento de Jesucristo	23.59.56
La aritmética india introduce el número cero y los decimales. Caída de Roma. Conquistas musulmanas	23.59.57
Civilización maya. China: dinastía Sung. Imperio bizantino. Invasión mongólica. Las Cruzadas	23.59.58
La Europa del Renacimiento. Viajes de descubrimiento de los países europeos y de la dinastía china de los Ming. La ciencia y el método empírico	23.59.59
Formidable expansión de la ciencia y de la tecnología. Universalización de la cultura. Adquisición de los medios de autodestrucción de la especie humana. Primeros pasos en la exploración planetaria mediante vehículos espaciales y en la búsqueda de seres inteligentes en el espacio extraterrestre	Tiempo presente: Primer segundo del Año Nuevo.

La elaboración de estas tablas y cuadros cronológicos inclina forzosamente a la humildad. Así, resulta desconcertante que la aparición de la Tierra como producto de la condensación de la materia interestelar no acaezca en este año cósmico hasta primeros de septiembre; que los dinosaurios aparezcan en Nochebuena; que las flores no broten hasta el 28 de diciembre o que el ser humano no haga acto de presencia hasta las 22.30 de la víspera de Año Nuevo. La historia escrita ocupa los últimos diez segundos del 31 de diciembre, y el espacio transcurrido desde el ocaso del Medioevo hasta la época contemporánea es de poco más de un segundo. En virtud de la convención adoptada, se supone que el primer año cósmico acaba de tocar a su fin.

Pero, a pesar del intervalo insignificante que nos corresponde en la tabulación cósmica del tiempo, es obvio que lo que vaya a ocurrir en la Tierra y en su entorno al iniciarse el segundo año cósmico, dependerá en buena medida del nivel que alcance la ciencia y de la sensibilidad del género humano en su más prístina manifestación.

2

GENES Y CEREBROS

¿Con qué martillo? ¿Con qué cadena?
¿En qué horno se ha fundido tu cerebro?
¿Con qué yunque? ¿A qué temible garra
sus atroces angustias le impulsaron a sujetarse?

WILLIAM BLAKE, «*El Tigre*»

De todos los animales, el hombre es el que tiene el cerebro más grande en proporción a su tamaño.

ARISTÓTELES, *De las partes de los animales*

La evolución biológica ha venido acompañada de un incremento de la complejidad. Los organismos más perfeccionados hoy existentes en la Tierra contienen un caudal de información, tanto genética como extragenética, mucho mayor que la de los más complejos organismos de, pongamos por caso, doscientos millones de años atrás, cifra que supone tan sólo la vigésima parte de la historia de la vida en nuestro planeta, o cinco días atrás, si tomamos como base el calendario cósmico. Los organismos actuales más simples tienen un pasado evolutivo tan denso como los dé mayor complejidad, aunque bien pudiera ser que la bioquímica interna de las bacterias contemporáneas sean más eficiente que la de las bacterias de hace tres mil millones de años. En cambio, es probable que el monto de información genética de las actuales bacterias no sea mucho mayor que el de sus antecesoras. Así pues, es sumamente importante distinguir entre el caudal de información y la calidad de dicha información.

Llamamos taxones a las distintas formas biológicas. Las clasificaciones taxonómicas más genéricas distinguen entre plantas y animales, o entre organismos cuyas células tienen un núcleo muy poco desarrollado (por ejemplo, bacterias y algas verdiazules) y aquéllos en los que el núcleo se presenta claramente diferenciado y posee una compleja estructura (caso de los protozoos y del hombre). Sin embargo, todos los organismos del planeta, tanto si tienen o no un núcleo definido, poseen cromosomas, en los que se almacena el material genético transmitido de generación en generación. Las moléculas transmisoras de los caracteres hereditarios son, en todo los organismos, los ácidos nucleicos. Salvo contadas excepciones, por lo demás secundarias, el ácido nucleico depositario de la información hereditaria es la molécula llamada ADN (ácido desoxirribonucleico).

También cabe conceptuar como entidades taxonómicas diferenciadas otras divisiones más finas de varios tipos de plantas y animales en especies, subespecies y razas.

Una especie es un grupo de individuos que pueden cruzarse dando descendencia fértil, situación que no se produce al cruzarse con organismos de otros grupos. El cruce de perros de distintas razas origina cachorros que, una vez adultos, estarán en condiciones de reproducirse. Pero el apareamiento de dos especies distintas, incluso tratándose de especies tan próximas como el caballo y el asno, origina una descendencia estéril (en este caso, la mula). De aquí que asnos y caballos se clasifiquen como dos especies distintas. A veces se producen apareamientos, viables como tales pero infecundos, de especies más diferenciadas —leones y tigres, por ejemplo—, y aunque en rarísimas ocasiones la progenie tiene capacidad reproductiva, ello no indica sino que la definición de especie es un tanto confusa. Todos los hombres somos individuos de la especie *homo sapiens*, optimista apelativo latino que significa «hombre sabio». Nuestros probables antecesores, el *homo erectus* y el *homo habilis* —a la sazón extintos—, se clasifican como pertenecientes al mismo género (*homo*) pero a diferente especie, aunque nadie, por lo menos en fecha reciente, ha intentado investigar si el cruce de uno y otro con individuos de nuestra especie podría haber originado una progenie fértil.

En la antigüedad dominaba la idea de que se podía obtener descendencia a partir de cruces entre organismos de muy distinta naturaleza. La mitología nos dice que el Minotauro muerto por Teseo era fruto de un toro y de una mujer, y el historiador romano Plinio manifiesta que el avestruz, recién descubierto por aquel entonces, era producto del cruce de una jirafa con un mosquito. (Debo suponer que lo sería del apareamiento de una jirafa hembra y un mosquito macho). Es indudable que muchos apareamientos no deben haber sido intentados en la práctica por una comprensible falta de incentivos.

En el presente capítulo aludiremos repetidas veces al gráfico de la ilustración 1. La curva de un trazo continuo muestra el momento en que aparecen por vez primera algunos importantes grupos taxonómicos. Ni que decir tiene que existen muchos más taxones que los representados por los

escasos puntos que aparecen en la gráfica. Con todo, la curva ilustra de forma clara la gran cantidad de puntos que se necesitarían para representar en la figura las decenas de millones de taxones que han surgido desde que la vida hizo su aparición en el planeta. Los grupos taxonómicos más importantes, aquellos que han evolucionado más recientemente, son por regla general los más complejos.

El análisis del comportamiento de un organismo, esto es, el número de funciones que está llamado a ejecutar en el curso de la vida, permite hacerse una idea de su grado de complejidad. Con todo, este factor también puede determinarse atendiendo al mínimo caudal de información que contiene el material genético del organismo de que se trate. Un cromosoma humano, por ejemplo, contiene una larguísima molécula de ADN arrollada de forma helicoidal, con lo que ocupa un espacio mucho más reducido del que necesitaría en el caso de que se presentara completamente extendida. Dicha molécula de ADN está fragmentada en bloques o unidades autónomas unidos de forma similar a los peldaños de una escala de cuerda. Dichas unidades reciben el nombre de nucleótidos, de los que existen cuatro variedades. El lenguaje de la vida, el caudal de información hereditario, viene determinado por las diferentes disposiciones de los cuatro tipos de nucleótidos distintos. Así pues, podemos decir que el lenguaje de la herencia está escrito en un alfabeto de sólo cuatro letras.

Pero el libro de la vida es muy pródigo y, así, una molécula de ADN cromosómico del hombre está integrada por unos cinco mil millones de pares de nucleótidos. Las instrucciones genéticas de los restantes taxones terrestres están escritas en el mismo lenguaje y con el mismo código. Es evidente, pues, que este lenguaje genético común constituye un indicio de que todos los organismos de la Tierra tienen un solo antecesor, de que en el planeta se produjo una única manifestación de vida hace aproximadamente cuatro mil millones de años.

Por regla general, el volumen informativo de cada mensaje viene representado en unidades llamadas bits, contracción del término inglés *binary digits* (dígitos binarios). El sistema aritmético más sencillo que existe no utiliza diez dígitos (como hacemos nosotros en virtud del accidente evolutivo que nos otorgó diez dedos), sino tan sólo dos, el 0 y el

1. Toda pregunta definida de manera suficiente es susceptible de ser respondida con un solo dígito binario, sea el 0 o el 1, es decir con un «sí» o un «no». En el supuesto de que el código genético estuviera escrito en un alfabeto con dos letras, en vez de en otro con cuatro, el número de bits contenido en una molécula de ADN equivaldría al doble de pares de nucleótidos. Pero dado que existen cuatro clases distintas de nucleótidos, el número de bits de información contenidos en la citada molécula de ADN es el cuádruple del número de pares de nucleótidos. Por lo tanto, si un solo cromosoma tiene cinco mil millones (5×10^9) de nucleótidos, contendrá veinte mil millones (2×10^{10}) de bits de información. (El símbolo 10^9 nos indica simplemente la unidad seguida de un determinado número de ceros; en el caso que nos ocupa, nueve).

¿Qué cantidad de información suponen veinte mil millones de bits? ¿Cuál sería su equivalente si esta cifra se plasmara en un libro corriente escrito en un idioma moderno? Por regla general, los alfabetos de las distintas lenguas poseen de veinte a cuarenta letras, a los que debe añadirse de doce a veinticinco numerales y signos de puntuación. Por lo tanto, la mayoría de idiomas no requerirían más de sesenta y cuatro caracteres. Puesto que 2^6 es igual a 64 ($2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2$), bastarían seis bits para configurar una letra o un signo. Imaginemos que llegamos a esta determinación mediante una especie de juego de las «Veinte preguntas», en el que cada respuesta equivale al empleo de un solo bit para una pregunta a la que se contesta escuetamente con un así» o con un ano». Supongamos que el carácter que deseamos especificar es la letra J. Para ello, procederíamos del siguiente modo:

PRIMERA PREGUNTA: ¿Se trata de una letra (O) o de otro signo (1)?

RESPUESTA: De una letra (O).

SEGUNDA PREGUNTA: ¿Forma parte de la primera mitad (O) o de la segunda mitad (1) del alfabeto?

RESPUESTA: De la primera mitad (O).

TERCERA PREGUNTA: ¿Se encuentra entre las siete primeras letras (O) de las trece que forman la primera mitad del alfabeto, o entre las seis

restantes (1)?

RESPUESTA: Entre las seis últimas (1).

CUARTA PREGUNTA: Tomando las seis últimas letras (H, I, J, K, L, M,), ¿forma parte de la primera mitad (O) o de la segunda mitad (1)?

RESPUESTA: De la primera mitad (O).

QUINTA PREGUNTA: Tomando dichas letras (H, I, J), ¿es la H (o) o bien la I o la J (1)?

RESPUESTA: La I o la J (1).

SEXTA PREGUNTA: ¿Se trata de la I (O) o de la J (1)?

RESPUESTA: De la J (1).

En consecuencia, especificar la letra J equivale al código binario 001011, con la salvedad de que no ha sido necesario formular veinte preguntas, sino seis, y es este detalle el que nos permite afirmar que para determinar una letra dada bastan solamente seis bits. Por tanto, veinte mil millones de bits corresponden poco más o menos a tres mil millones de letras ($(2 \times 10^{10})/6 \cong 3 \times 10^{9}$). Si una palabra consta por término medio de seis letras, el volumen de información que admite un cromosoma humano se eleva a unos quinientos millones de palabras ($(3 \times 10^{9})/6 = 5 \times 10^{8}$). Si la página corriente de un libro contiene alrededor de trescientas palabras, la cantidad antedicha nos daría unos dos millones de páginas ($(5 \times 10^{8})/(3 \times 10^{2}) \cong 2 \times 10^{6}$). Teniendo en cuenta que, por término medio, un libro contiene quinientas páginas de esta índole, el caudal informativo de un solo cromosoma es el equivalente a unos cuatro mil volúmenes ($(2 \times 10^{6})/(5 \times 10^{2}) = 4 \times 10^{3}$). De lo dicho se desprende claramente que la secuencia de segmentos de la cadena de ADN que antes mencionábamos supone un formidable acopio de datos. Por lo demás, es natural que para especificar un objeto de tan exquisita construcción y complejo funcionamiento como el ser humano se requiera un caudal informativo tan inmenso. Los organismos simples son menos complejos y tienen menos funciones que realizar, de ahí que necesiten un menor acopio de información genética. Los computadores de los módulos del *Viking* I y II que se posaron sobre Marte en 1976 habían sido previamente programados con un volumen de instrucciones de algunos

millones de bits. Por tanto, ambos vehículos espaciales contenían un poco más de «información genética» que una bacteria, pero muchísima menos que un alga.

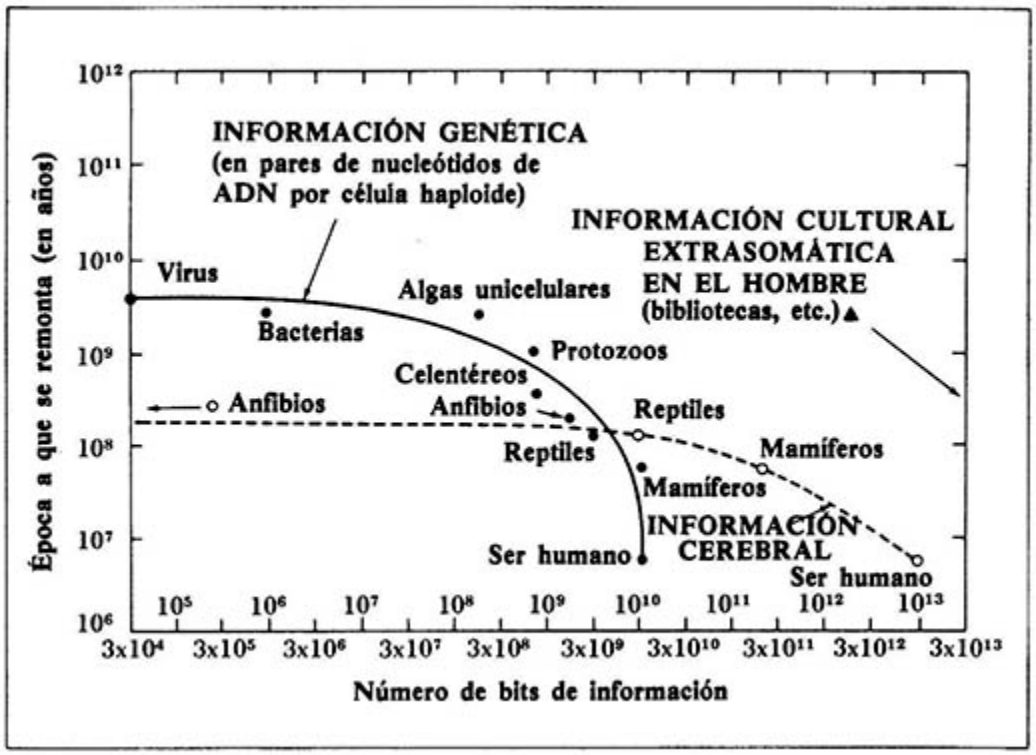


Ilustración 1. El gráfico muestra la evolución del acopio de información contenida en los genes y en el cerebro durante la historia de la vida en la Tierra. La curva de trazo grueso, jalonada por puntitos negros, representa el número de bits de información contenido en los genes de diversos grupos taxonómicos, de los que se muestra, también, la ¿poca de su aparición en la crónica geológica del planeta. Debido a las variaciones en la cantidad de ADN de una célula para ciertos grupos taxonómicos, sólo reseñamos en el gráfico el contenido *mínimo* de información correspondiente a un taxón determinado. Los datos se han tomado de la obra de Britten y Davidson (1969). La curva de trazo discontinuo, flanqueada o cortada por puntos en blanco, constituye una estimación aproximada de la evolución de la cantidad de información contenida en el cerebro y el sistema nervioso de los organismos en cuestión. La información que almacena el cerebro de los anfibios y otros animales de orden inferior caería fuera del margen izquierdo de la figura. También se muestra el número de bits de información contenido en el material genético de los virus, a pesar de que no se ha demostrado fehacientemente que los virus se originaran hace varios miles de millones de años. Cabe en lo posible que los virus hayan evolucionado en una etapa más reciente, por pérdida de funciones, a partir de bacterias u otros organismos más complejos. En el supuesto de que deseáramos ubicar la información extrasomática que se procura el hombre (bibliotecas, etc.), el punto correspondiente caería mucho más allá de la parte inferior del margen derecho de la figura.

La gráfica de la ilustración 1 nos muestra también la cantidad mínima de información genética de las moléculas de ADN en diversos grupos taxonómicos. La suma asignada a los mamíferos es inferior a la del ser humano, por la sencilla razón-de que la mayor parte de ellos poseen menos información genética que el hombre. En el seno de algunas categorías taxonómicas —caso, por ejemplo, de los anfibios— el volumen de información genética varía considerablemente de una especie a otra, y se

sospecha que buena parte de su ADN es redundante o carece de función específica. Este es el motivo de que en la gráfica conste solamente la cantidad *mínima* de ADN que contiene un taxón determinado.

En la gráfica se observa que hace tres mil millones de años el acopio de información de los organismos terrestres experimentó un marcado incremento, y que a partir de entonces el volumen de información genética ha ido aumentando lentamente. También se aprecia que si para poder sobrevivir el hombre necesita bastante más de varias decenas de miles de millones (varias veces 10^{10}) de bits de información, los sistemas extragenéticos deberán ser los encargados de facilitarle la cantidad complementaria; la velocidad con que se desarrollan los sistemas genéticos es tan lenta que el ADN no puede suministrar este suplemento de información biológica.

El material básico de la evolución son las mutaciones, es decir, los cambios hereditarios producidos en las cadenas de nucleótidos que se encargan de elaborar las instrucciones hereditarias en la molécula de ADN. Causas de mutación son la radiactividad ambiental, los rayos cósmicos del espacio, y, a menudo, el azar, que altera espontáneamente la disposición de los nucleótidos en contra de las previsiones formuladas sobre una base estadística. Los enlaces químicos se rompen accidental y espontáneamente. Hasta cierto punto el propio organismo regula las mutaciones, ya que posee la facultad de reparar determinados daños estructurales causados a su contingente de ADN. Hay, por ejemplo, una serie de moléculas que supervisan el ADN para detectar una posible deterioración de las mismas. Cuando se descubre una alteración particularmente nociva, ésta queda bruscamente cortada por una especie de «tijeras» moleculares, lo que permite recomponer el ADN. Con todo, esta facultad regeneradora no es, no conviene que sea, perfecta, puesto que la evolución necesita de las mutaciones. La mutación sobrevenida en una molécula de ADN del cromosoma de una célula de la piel del dedo índice no tiene influjo en la herencia, ya que los dedos de la mano no intervienen, por lo menos de una manera directa, en la propagación de la especie. Lo que sí influye son las mutaciones en los gametos, los óvulos y las células germinales, que son los agentes de la reproducción sexual.

De manera fortuita, ciertas mutaciones beneficiosas suministran el material de base que impulsa la evolución biológica, como, por ejemplo, la mutación que aporta melanina a determinada especie de mariposas nocturnas, con el consiguiente cambio de coloración del blanco al negro. Por regla general, esta clase de mariposas nocturnas se posa en el tipo de abedul que se da en Inglaterra, donde la coloración blanca del insecto le procura un camuflaje protector. En este caso la mutación de la melanina no supone una ventaja, pues las mariposas con pigmentación negra destacan visiblemente y son engullidas por los pájaros. Se trata, pues, de una mutación perjudicial. Pero cuando a raíz de la revolución industrial la corteza del abedul empezó a cubrirse de hollín, la situación cambió radicalmente, y sólo las mariposas que habían experimentado la mutación antedicha sobrevivieron. En este caso nos hallamos ante una mutación beneficiosa y, andando el tiempo, la mayor parte de las mariposas nocturnas adquieren la pigmentación negra, rasgo hereditario que se transmite a las futuras generaciones. De vez en cuando también se producen «retromutaciones» que destruyen la adaptación inducida por la melanina y que serían beneficiosas para el insecto si se pudiera poner término a la contaminación industrial que padece Gran Bretaña.

Obsérvese que en esta interacción entre mutación y selección natural, la mariposa nocturna no realiza un *esfuerzo* consciente para adaptarse a los cambios del medio físico. Se trata de un proceso fortuito, sólo verificado por apreciaciones estadísticas.

Los organismos de mayor tamaño, como el hombre, sufren por término medio una mutación por cada diez gametos, o sea, que existe un diez por ciento de probabilidades de que una célula germinal o reproductora lleve registrado un cambio transmisible por herencia en las instrucciones genéticas que han de configurar la estructura de la siguiente generación. Son mutaciones acaecidas al azar y casi siempre nocivas, pues es raro que un mecanismo de precisión mejore como resultado de un cambio fortuito en las instrucciones para construirlo.

Por otra parte, muchas de las mutaciones aludidas tienen carácter recesivo, es decir, no se manifiestan de forma inmediata. Con todo, el índice de mutación es a la sazón tan elevado que, al decir de diversos biólogos, si

aumentase la cantidad de ADN genético se producirían índices de mutación demasiado altos. Si aumentara nuestra dotación de genes, sobrevendrían numerosos desajustes con excesiva frecuencia[2]. Si ello es así, tiene que existir un «techo» en cuanto al volumen de información genética que puede tener cabida en el ADN de los organismos más complejos. Por el mero hecho de su existencia, dichos organismos deben poseer considerables recursos de información extragenética. En todos los animales superiores, a excepción del hombre, esta información se contiene casi exclusivamente en el cerebro.

¿Cómo se distribuye la información contenida en el cerebro? Examinemos los dos puntos de vista más antagónicos acerca de la función del cerebro. Según unos, el cerebro, o por lo menos su capa más superficial, la corteza cerebral, es equipotente, o sea que cualquier parte de la misma puede realizar las funciones de las demás, por lo que no cabe hablar de localización de funciones. La segunda teoría afirma que el cerebro es un entramado de conexiones y que, por tanto, las funciones cognoscitivas específicas están localizadas en zonas muy concretas del cerebro. El estudio de los computadores parece indicar que la verdad radica en un punto medio entre ambos extremos. Por una parte, toda estimación no mística de la función cerebral debe relacionar la fisiología con la anatomía y cada función específica debe subsumirse en unos módulos neurales concretos u otras estructuras cerebrales. Por otra, y con objeto de asegurar la esmerada ejecución de cada función y prevenir eventuales fallos, cabe suponer que la selección natural ha desarrollado una redundancia considerable en la función cerebral. Y lo mismo cabe esperar del curso evolutivo más probablemente seguido por el cerebro.

La redundancia de memoria almacenada quedó claramente probada gracias a los experimentos de Karl Lashley, un psiconeurólogo de Harvard que extirpó considerables porciones de la corteza cerebral de ratas sin que los roedores olvidaran el trazado, previamente asimilado, de un laberinto. De los referidos experimentos se infiere que una misma memoria ha de estar forzosamente localizada en múltiples partes del cerebro. Hoy sabemos

que determinados recuerdos se canalizan a través de un conducto denominado cuerpo calloso, que comunica los hemisferios cerebrales derecho e izquierdo.

Según Lashley, tampoco se apreciaron cambios en el comportamiento general de las ratas tras serles extirpada una porción considerable, digamos un diez por ciento, de cerebro. Aun así, habría que consultar al animalito y preguntarle su opinión al respecto. Aclarar inequívocamente la cuestión requeriría un estudio minucioso del comportamiento social de las ratas, de sus hábitos para procurarse alimentos y de su reacción ante el acoso de un felino. Hay cantidad de hipotéticas alteraciones que podrían ser consecuencia de tales extirpaciones y que, aun cuando no se hicieran evidentes al investigar de forma inmediata, serían de gran trascendencia para la rata, como, por ejemplo, el interés que suscita un individuo atractivo en otro del sexo opuesto después de la extirpación, o el grado de apatía que acredita el roedor frente a un gato al acecho[3].

Se arguye a veces que el seccionamiento o las lesiones de partes importantes de la corteza cerebral en el hombre —como tras practicar una lobotomía prefrontal bilateral o a resultas de un accidente— apenas repercuten en su comportamiento. Sin embargo, no debe perderse de vista que determinadas formas de conducta humana no se aprecian claramente desde el exterior, y a veces incluso pasan inadvertidas al propio sujeto. Ciertas percepciones y actividades, como la creatividad, se dan muy raramente. La asociación de ideas que llevan aparejados los actos del genio creativo, por insignificantes que sean, requieren al parecer el despliegue de múltiples recursos del cerebro. Es indiscutible que estos actos creativos son rasgo distintivo de nuestra civilización y del hombre como especie animal. Con todo, en muchos individuos se producen raramente y es muy posible que ni el sujeto que padece la lesión cerebral ni el médico que le examina perciban su ausencia.

Si bien es inevitable una considerable redundancia o duplicación de las funciones cerebrales, podemos asegurar casi con certeza que la hipótesis de la equipotencia integral es falsa, y la mayor parte de los neurofisiólogos contemporáneos la han rechazado. En cambio, no resulta fácil descartar la hipótesis de un cierto grado de equipotencia (como sería, por ejemplo,

sostener que la memoria es una función de la corteza cerebral en bloque) aunque, como tendremos ocasión de ver, también ésta puede rebatirse.

Está muy generalizada la idea de que la mitad del cerebro o más no entra en funciones. Desde un punto de vista evolutivo sería ésta una circunstancia realmente anómala y cabría preguntarse por qué hubo proceso de evolución si a esta porción del cerebro no le corresponde función alguna. La verdad, empero, es que tal aseveración no se asienta en pruebas sólidas y que, una vez más, se formula tomando como base que numerosas lesiones cerebrales, generalmente de la corteza, no tienen repercusión manifiesta en el comportamiento. Esta teoría no toma en cuenta (1) la posibilidad de redundancia funcional, ni (2) el hecho de que determinados actos humanos se gestan a niveles de conciencia muy recónditos. Así, las lesiones del hemisferio derecho de la corteza cerebral pueden menoscabar pensamiento y acción, pero en dominios que no son los de la expresión oral y que, por definición, son de difícil descripción, tanto por parte del médico como del paciente.

Por otra parte, existen abundantes pruebas que demuestran el carácter local de las funciones cerebrales. Por ejemplo, se ha determinado que debajo de la corteza existen áreas cerebrales específicas relacionadas con el apetito, el sentido del equilibrio, la regulación térmica, la circulación de la sangre, los movimientos sincronizados y la respiración. Uno de los estudios clásicos sobre las funciones superiores del cerebro lo constituyen los experimentos del neurocirujano canadiense Wilder Penfield, quien ha investigado los efectos de la estimulación eléctrica de diversas partes de la corteza cerebral, por lo general tratando de aminorar los síntomas de dolencias tales como la epilepsia psicomotora. Los pacientes, tras una ligera estimulación eléctrica de determinadas zonas del cerebro, acreditaron rememorar percepciones olfativas, auditivas o visuales ya experimentadas en el pasado.

Uno de los casos tipo podría ser el del paciente al que después de serle practicada una craneotomía afirma haber escuchado con todo detalle la interpretación de una composición orquestal cuando se estimula eléctricamente su corteza cerebral a través del electrodo de Penfield. Cuando Penfield indicaba al paciente, que por norma siempre permanece

despierto durante los experimentos, que le estaba estimulando la corteza cuando en realidad no era así, el enfermo, indefectiblemente, señalaba que no afluían a su mente recuerdos de ninguna especie. Pero cuando Penfield provocaba sin previo aviso una estimulación eléctrica de la corteza, surgía o continuaba determinada evocación. Por ejemplo, había pacientes que decían experimentar una emoción concreta, una sensación de familiaridad o la remembranza plena de una experiencia acaecida muchos años atrás, todo ello de forma simultánea, pero no conflictiva, con la conciencia de estar en un quirófano conversando con el cirujano. Aunque algunos enfermos aludían a estas rememoraciones como «pequeños sueños», lo cierto es que no aparecía en ellos el simbolismo característico de toda ensoñación. Estas explicaciones han sido facilitadas casi exclusivamente por epilépticos, pero cabe dentro de lo posible, aunque en manera alguna se haya demostrado, que en circunstancias similares también los no epilépticos tengan reminiscencias perceptibles de la misma especie.

En un caso de estimulación eléctrica del lóbulo occipital, que está relacionado con la vista, el paciente dijo estar viendo revolotear una mariposa con tan palpable verismo que, recostado como estaba en la mesa de operaciones, extendió su mano para atraparla. En el curso de un experimento parejo, realizado con un mono, el animal miraba con fijeza, como si tuviera un objeto ante sus ojos, hasta que realizó un brusco ademán con la mano derecha, como si quisiera aprehender alguna cosa, para luego contemplar con manifiesto desconcierto su mano vacía.

La estimulación eléctrica indolora de por lo menos algunas cortezas cerebrales provoca una avalancha de recuerdos concretos. Sin embargo, la supresión del tejido cerebral que está en contacto con el electrodo no borra la memoria. Es difícil resistirse a la conclusión de que, por lo menos en el hombre, la memoria de los distintos sucesos se acumula en alguna región de la corteza cerebral, en espera de que el cerebro la redame mediante impulsos eléctricos, que, por supuesto, genera normalmente el propio órgano cerebral.

Si la memoria es una función de la corteza cerebral en bloque —más bien una especie de reverberación dinámica o estereotipo de ondas electromagnéticas estacionarias de sus partes constituyentes que acumulación estática en compartimientos estancos del cerebro— quedaría explicada la supervivencia de recuerdos aún después de haber sufrido el cerebro lesiones graves. Sin embargo, los indicios apuntan en dirección contraria. En una serie de experimentos llevados a cabo por el neurofisiólogo norteamericano Ralph Gerard, de la Universidad de Michigan, se enseñó a unos hámsteres a recorrer un sencillo laberinto. A continuación los animalitos fueron sometidos a temperaturas de casi cero grados en un congelador, sometidos a una especie de hibernación artificial. Las bajas temperaturas hicieron que cesara toda actividad eléctrica detectable en el cerebro de los hámsteres. Si la teoría de una memoria dinámica hubiese sido cierta, el experimento hubiera debido borrar del cerebro de los hámsteres la retentiva del trazado del laberinto. Sin embargo, tras su descongelación, los hámsteres recuperaron la memoria. A lo que parece, la memoria se halla localizada en regiones específicas del cerebro, y el hecho de que no sufra menoscabo después de lesiones cerebrales importantes demuestra que existe un suplemento residual de memoria estática almacenada en diversas áreas de la masa cerebral.

Penfield, ampliando los hallazgos de los investigadores precedentes, también descubrió la existencia de una notable localización funcional en la corteza motora. Determinadas partes de las capas superficiales de nuestro cerebro envían o reciben señales a/de ciertas partes del cuerpo. En la ilustración 2 se ofrecen dos croquis de la corteza motórica y sensorial según Penfield. En ellos se refleja con claridad la importancia proporcional de las distintas partes de nuestro cuerpo. La gran extensión de área cerebral que corresponde a los dedos —sobre todo al pulgar— así como a la boca y a los órganos del habla, corresponde exactamente a lo que en el plano fisiológico, y por vía del comportamiento, nos diferencia de la inmensa mayoría de las restantes especies animales. Sin el habla no habríamos desarrollado nuestro saber ni nuestra cultura, y sin las manos no hubieran sido posibles los

portentosos avances técnicos del hombre ni sus creaciones monumentales. En cierto modo, el esquema de la corteza motora es una fiel representación de nuestra condición humana.

Pero en la actualidad las pruebas que poseemos acerca de la localización de las funciones son aún mucho más sólidas. En una brillante serie de experimentos, David Hubel, de la Facultad de Medicina de Harvard, descubrió la existencia de formaciones reticulares de células cerebrales que responden selectivamente a la percepción ocular de una serie de líneas orientadas según diversas direcciones. Así, existen células que detectan líneas horizontales, otras las verticales, unas terceras las diagonales, y cualquiera de ellas sólo resulta estimulada cuando percibe líneas con la orientación apropiada. Por tanto, ya se han registrado ciertos indicios indudables de pensamiento abstracto en las células cerebrales.

La existencia de regiones específicas del cerebro relacionadas con funciones cognoscitivas, sensoriales y motoras concretas, hace innecesaria la existencia de una perfecta correlación entre masa cerebral e inteligencia. Determinadas partes del cerebro son, a todas luces, más importantes que otras. Entre los cerebros de mayor tamaño se cuentan, por ejemplo, los de personajes como Oliver Cromwell, Ivan Turgenev y Lord Byron, todos ellos hombres de gran talento, pero no, en cambio, el de Albert Einstein, que tenía un cerebro de tamaño corriente. El cerebro de Anatole France, hombre de inteligencia superior a la media, era la mitad de grande que el de Byron.

El recién nacido posee un cerebro muy grande en proporción al tamaño del cuerpo (un 12%, poco más o menos). Durante los tres primeros años de su vida, o sea el período en que el niño aprende con mayor rapidez, el cerebro, y en especial la corteza, continúan creciendo muy rápidamente. Al cumplir los seis, el niño posee ya el 90% de la masa encefálica que tendrá como adulto. El peso medio de la masa encefálica del hombre actual es de unos 1.375 gramos. Dado que la densidad del cerebro, como la de todos los tejidos corporales, es aproximadamente la del agua (un gramo por centímetro cúbico), el volumen de un cerebro de estas características sería

de 1.375 c.c., algo menos de un litro y medio. (Un centímetro cúbico tiene, poco más o menos, el volumen del ombligo de un hombre adulto).

El volumen del cerebro de la mujer es alrededor de 150 c.c. menor. Si se toman en cuenta las carencias ambientales y educacionales, no existen indicios sólidos de diferencias intelectuales cabales entre los individuos de uno y otro sexo. Consideramos, pues, que una diferencia de peso de 150 gramos en el cerebro de los individuos de la especie humana carece de relieve. También entre los adultos de las distintas razas humanas se dan parecidas diferencias. Por término medio, el cerebro de los orientales es un poco más grande que el de los blancos, y puesto que tampoco en este caso se ha demostrado que, en igualdad de condiciones, existen diferencias en cuanto al nivel de inteligencia, la conclusión es la misma. La gran diferencia de peso entre los cerebros de Lord Byron (2.200 gramos) y de Anatole France (1.100 gramos), indica que, dentro de estos límites, una diferencia de incluso varios centenares de gramos no tiene, funcionalmente hablando, trascendencia alguna.

Por otra parte, el adulto microcéfalo, es decir, el individuo que nace con un cerebro pequeño, experimenta un grave menoscabo en sus facultades cognoscitivas. Por término medio, su masa cerebral es de 450 a 900 gramos. La masa encefálica de un recién nacido es corrientemente de 350 gramos, y la de un niño de un año, de 500 gramos aproximadamente. Es evidente que descendiendo en la escala de las masas cerebrales, llega un momento en que dicha masa es tan reducida que su actividad, comparada con la de un ser humano adulto que posea un cerebro de tamaño normal, se verá seriamente menoscabada.

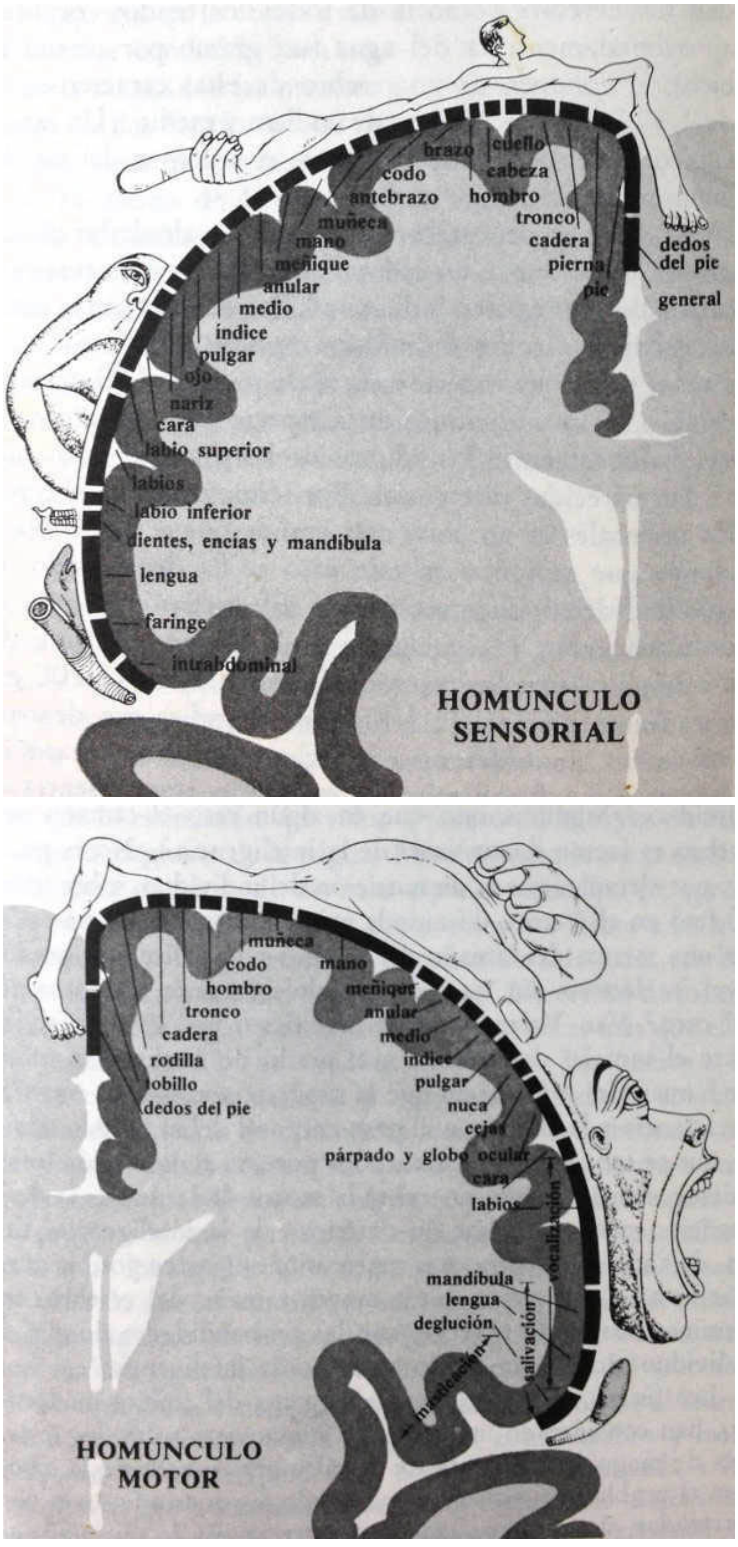


Ilustración 2. Homúnculos sensorial y motor, según Penfield. Se trata de dos esbozos gráficos de la especialización de funciones en la corteza cerebral. Las figuras humanas distorsionadas muestran la atención que la corteza concede a los distintos órganos del cuerpo humano. Cuanto mayor es la parte del cuerpo expuesta, más importancia reviste. El croquis del «homúnculo sensorial» muestra dicha área somática, que recibe información neural de las partes del cerebro que se representan. El croquis del «homúnculo motor» corresponde a la transmisión de impulsos del cerebro al cuerpo.

Por lo demás, en los seres humanos existe una correlación estadística entre el peso o tamaño del cerebro y la inteligencia. Como se desprende del ejemplo antes expuesto, concerniente al tamaño de los cerebros de Byron y de Anatole France, la relación entre ambos aspeaos no es biunívoca. En ningún caso podemos afirmar taxativamente cuál es el grado de inteligencia de un individuo, hombre o mujer, tomando en cuenta solamente el tamaño de su cerebro. Sin embargo, como ha demostrado Leigh van Valen, biólogo evolucionista de la Universidad de Chicago, los datos de que disponemos nos inclinan a pensar que, por término medio, existe una correlación bastante estrecha entre el tamaño del cerebro y la inteligencia del individuo. ¿Significa esto que en algún caso el tamaño del cerebro es factor *determinante* de la inteligencia? ¿No es posible, por ejemplo, que la desnutrición del individuo, sobre todo del feto en el útero o durante la primera infancia, origine a la vez una merma del tamaño del cerebro y una disminución del nivel intelectivo, sin que uno de estos factores sea causante del otro? Van Valen pone de manifiesto que la correlación entre el tamaño del cerebro y el grado de inteligencia en el ser humano es más exacta que la supuesta correlación entre la inteligencia y la estatura o el peso corporal del individuo adulto, que se sabe vienen mediatizados por una alimentación insuficiente. Por lo demás, no existe la menor duda de que la desnutrición puede originar un deterioro de la inteligencia. En fin, dejando al margen estas repercusiones, parece posible afirmar hasta cierto punto que a mayor tamaño del cerebro, en términos absolutos, mayores son las probabilidades de que el individuo alcance un grado superior de inteligencia.

Los físicos, al explorar zonas vírgenes del ámbito intelectivo, han considerado útil realizar estimaciones sobre los órdenes de magnitud. Se trata de cálculos aproximados que esbozan el problema y sirven de guía a ulteriores estudios, sin que pretendan alcanzar una exactitud extrema. En lo que atañe al tema de la relación entre masa del cerebro e inteligencia, está claro que en el presente estadio de la ciencia no es posible efectuar una reseña de la función de cada centímetro cúbico de cerebro. Cabe preguntarse, empero, si habrá algún medio, por tosco que sea, de relacionar masa cerebral e inteligencia.

Es precisamente en este contexto donde las diferencias de masa cerebral entre individuos de ambos sexos ofrecen interés, porque, en general, la mujer es más baja y tiene una masa corpórea más reducida que el hombre. Cabe preguntarse, pues, si teniendo menos masa corpórea que controlar, la mujer necesita también un cerebro más pequeño. Ello implicaría suponer que la proporción entre masa del cerebro y masa total del organismo es un baremo más adecuado para medir la inteligencia que la estimación del valor absoluto de la masa cerebral.

En el diagrama de la ilustración 3 se muestra la masa cerebral y la masa corpórea de diversas especies animales. Se aprecia una notable diferencia de los peces y reptiles frente a las aves y mamíferos. Estos presentan una considerable masa cerebral en proporción a la masa o peso corporal. El cerebro de los mamíferos puede llegar a pesar de diez a cien veces más que el de los reptiles actuales de tamaño equivalente. En cuanto a las diferencias entre mamíferos y dinosaurios, todavía son más abultadas. Se trata de diferencias realmente asombrosas y sistemáticas. Habida cuenta de que el hombre es un mamífero, es probable que alberguemos algún que otro prejuicio acerca de la proporción que guarda la inteligencia de los mamíferos con la de los reptiles. Con todo, creo que existen abundantes pruebas de que los mamíferos son, en todos los casos, mucho más inteligentes que los reptiles. (En el gráfico se nos muestra una insólita excepción; se trata de un dinosaurio del suborden de los terópodos, semejante al avestruz, perteneciente al último período del cretáceo, cuya proporción entre cerebro y masa corpórea le sitúa en una zona normalmente reservada a las grandes aves y a los mamíferos menos inteligentes. Sería interesante conocer muchos más datos acerca de estas criaturas, estudiadas por Dale Russell, director de la división de Paleontología de los Museos Nacionales de Canadá). De este diagrama, también se infiere que los primates, grupo taxonómico en el que se incluye el hombre, se diferencian, aunque no de forma tan sistemática, de los restantes mamíferos. El cerebro de los primates es, por término medio, de dos a veinte veces más grande que el de los mamíferos no primates de idéntica masa corporal.

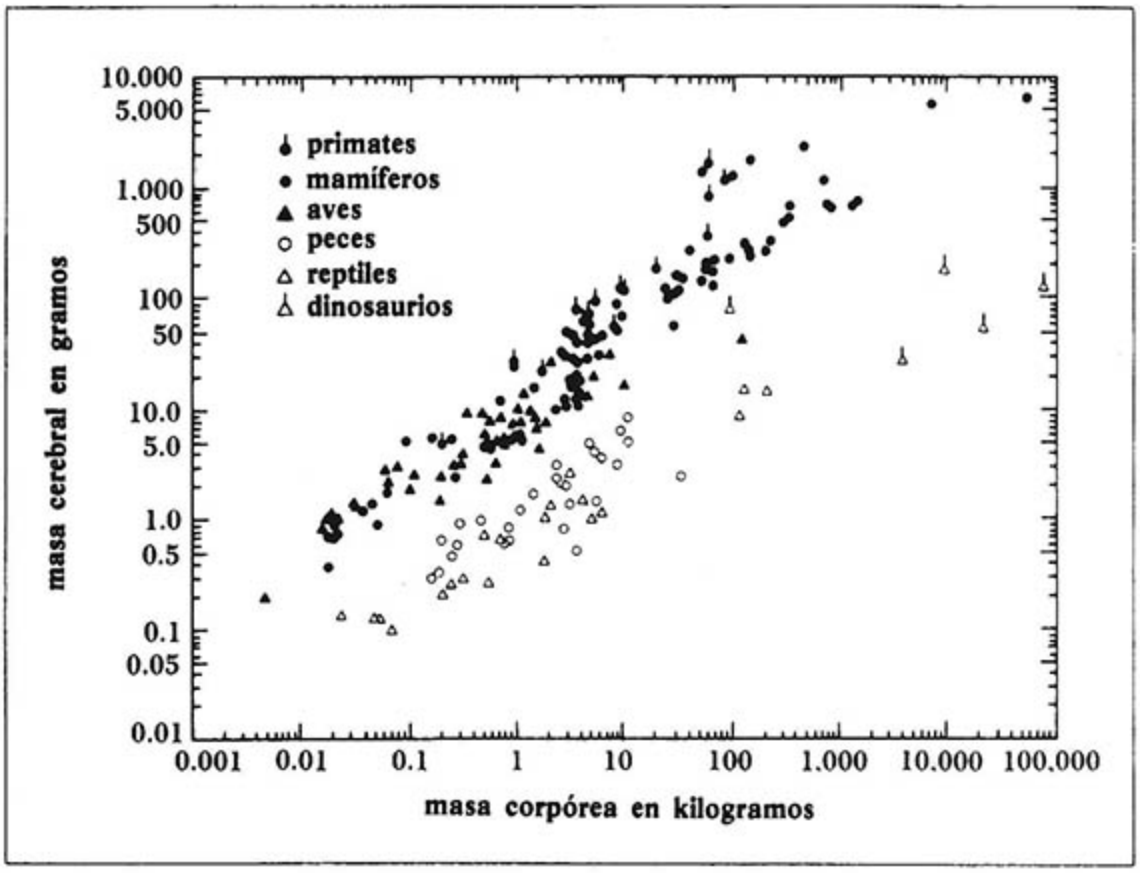


Ilustración 3. En este diagrama se coteja la masa cerebral con la masa corpórea de primates, mamíferos, aves, peces, reptiles y dinosaurios. El diagrama se ha compuesto tomando como base la obra de Jerison (1973) y se han añadido algunos puntos correspondientes a los dinosaurios y miembros de la familia humana a la sazón extintos.

Si examinamos con más detenimiento el citado diagrama y seleccionamos un grupo de animales, observaremos los resultados en la ilustración 4. De todos los organismos reseñados en el gráfico, el animal que posee el cerebro más grande en proporción al peso del cuerpo es una criatura llamada *homo sapiens*, al que le siguen los delfines[4]. Una vez más, creemos que no vamos a pecar de chauvinistas si afirmamos, en base a los indicios que nos suministran sus respectivos comportamientos, que el hombre y el delfín son cuando menos dos de los organismos más inteligentes de la Tierra.

Ya Aristóteles reparó en la importancia de la proporción entre cerebro y masa corporal. En la actualidad, el principal defensor de esta teoría es Harry Jerison, neuropsiquiatra de la Universidad de California en Los Ángeles. Jerison indica que existen algunas excepciones a nuestra correlación. Tal sucedería con la musaraña enana de Europa, que alberga una masa cerebral

de 100 miligramos en un cuerpo de 4,7 gramos, de lo que resulta una proporción que la sitúa en la escala del hombre. Consideramos, empero, que no cabe aplicar la correlación masa-inteligencia a los animales de escasa envergadura corpórea, porque la más simple de las funciones «de manutención» del cerebro requiere un porcentaje mínimo de masa cerebral.

La masa cerebral de un cachalote maduro, pariente cercano del delfín, es de casi 9.000 gramos, o sea seis veces y media mayor que la usual en el hombre. Es una masa insólita en términos absolutos, pero no (cotéjese con el gráfico de la ilustración 4) si atendemos a la proporción entre tamaño del cerebro y envergadura del organismo. Con todo, la masa cerebral de las especies más gigantescas de dinosaurio representa el 1% de la que ostenta el cachalote. ¿Para qué necesita este cetáceo disponer de un cerebro tan enorme? ¿Existen estudios, percepciones, artes, ciencias o leyendas en torno a la figura del cachalote?

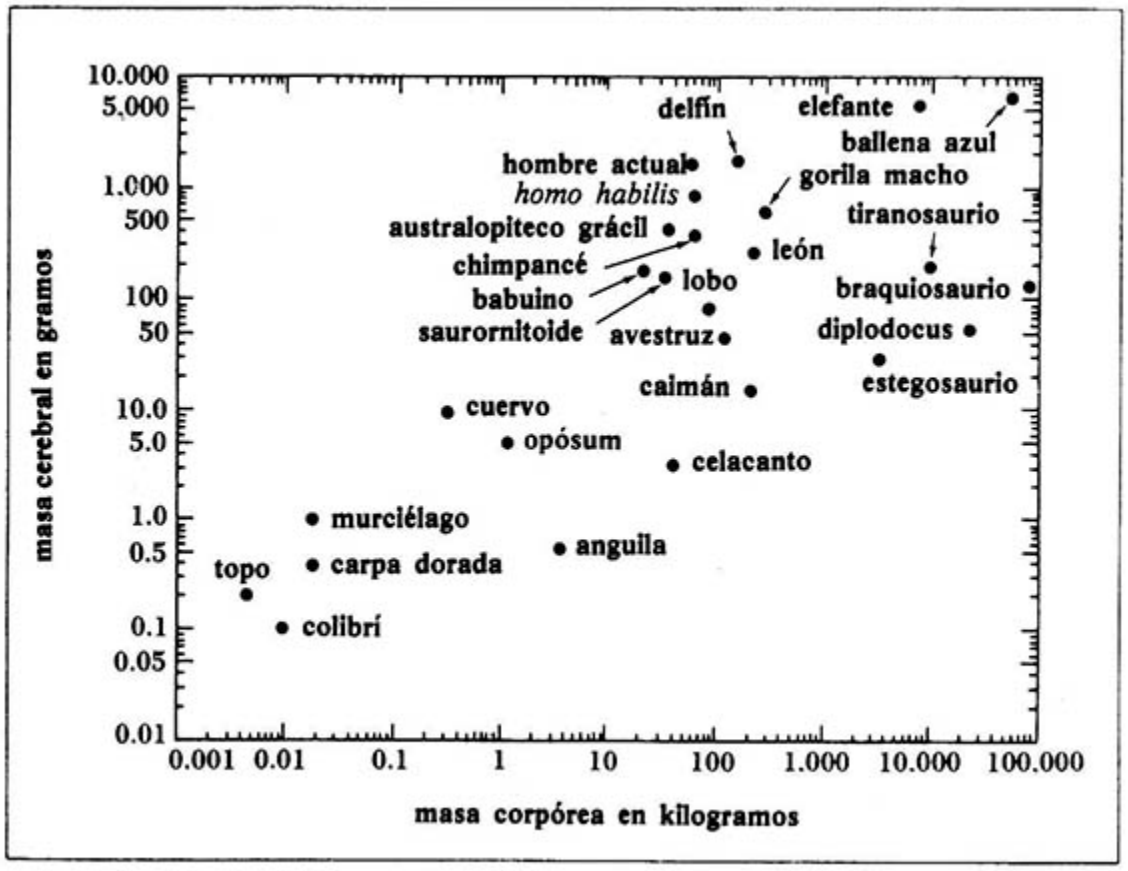


Ilustración 4. He aquí una ampliación detallada de algunos de los puntos de la ilustración 3. El *Saurornithoides* corresponde a la especie de reptil parecido al avestruz que se menciona en el texto.

La pauta de la proporción entre masa cerebral y masa corpórea, en la que no intervienen apreciaciones de conducta, ha demostrado ser un baremo sumamente útil para medir la inteligencia proporcional de muy distintas especies animales. Es lo que un físico llamaría «un primer enfoque satisfactorio». (Conviene tomar nota, de cara a posteriores referencias, que los australopitecos, que o bien fueron antecesores directos del hombre o, por lo menos, de una rama muy afín, tenían también un cerebro considerable en proporción al peso del organismo, como demuestran los moldes obtenidos de cráneos fosilizados). Me pregunto si el singular atractivo de los niños de corta edad y de oíros pequeños mamíferos —con cabezas proporcionalmente muy grandes comparadas con la de los individuos adultos de la misma especie— se debe a que tenemos una conciencia oculta de la importancia que reviste la proporción cerebro-masa corpórea.

De lo dicho hasta el momento se deduce que la evolución de los mamíferos a partir de los reptiles, ocurrida hace más de doscientos millones de años, vino acompañada de un notable incremento del tamaño relativo del cerebro y de la inteligencia, y que la evolución del hombre a partir de los primates más simples, ocurrida unos cuantos millones de años atrás, impulsó un proceso de cerebración todavía más asombroso.

El cerebro humano (dejando a un lado el cerebelo, que no parece tenga intervención en las funciones cognoscitivas) contiene alrededor de diez mil millones de elementos conmutadores llamados neuronas. (El cerebelo, situado debajo de la corteza cerebral, en la parte posterior de la cabeza, contiene aproximadamente otros diez mil millones de neuronas). Los flujos eléctricos generados por y a través de las neuronas o células nerviosas llevaron al anatomista Luigi Galvani al descubrimiento de la electricidad. Galvani había comprobado que se podía enviar impulsos eléctricos de las ancas de la rana y que aquellas se contraían espasmódicamente. Desde entonces se extendió la idea de que la electricidad era la causa de la motricidad animal en su acepción más profunda. A lo sumo, ésta es una verdad a medias. Los impulsos eléctricos, transmitidos por conducto de las

fibras nerviosas, producen efectivamente, por intermedio de agentes neuroquímicos, movimientos tales como la articulación de los miembros; pero los impulsos se generan en el cerebro. Sin embargo, la moderna ciencia de la electricidad, así como las industrias eléctricas y electrónicas, ven el origen de su actividad en los experimentos de estimulación eléctrica y subsiguiente contracción nerviosa de las ancas de las ranas llevados a cabo en el siglo XVIII.

Pocos decenios después de la muerte de Galvani, un grupo de escritores ingleses bloqueado en los Alpes a causa de los rigores invernales decidió, a modo de pasatiempo, ver cuál de sus componentes era capaz de escribir el relato más alucinante. Fue así como Mary Wollstonecraft Shelley, que formaba parte del grupo, escribió la archiconocida historia del monstruo del Dr. Frankenstein, que cobra vida al serle aplicadas intensas descargas eléctricas. Desde entonces, el instrumental y los artificios eléctricos han sido ingrediente indispensable en la ambientación de las novelas y películas de terror. La idea de que estos elementos sean tan importantes para la creación de la vida humana arranca básicamente de Galvani, pero resulta un tanto equívoca, pese a lo cual el concepto ha tomado carta de naturaleza en numerosas lenguas occidentales. Así, puedo afirmar que me he sentido *galvanizado* por el afán de escribir este libro.

En general, los neurobiólogos estiman que las neuronas son los elementos activos de la función cerebral, si bien existen indicios de que determinados tipos de memoria y otras funciones cognoscitivas pueden estar ubicadas en ciertas moléculas del cerebro, tales como el ARN o las proteínas de reducido peso molecular. A cada neurona cerebral le corresponden aproximadamente diez células gliales o neurogliales (de la denominación griega de la cola o visco), que constituyen el andamiaje de la construcción neuronal. Por término medio una neurona del cerebro humano posee entre 1.000 y 10.000 sinapsis o puntos de contacto con las neuronas más próximas. (Parece que muchas neuronas de la médula espinal poseen alrededor de 10.000 sinapsis, y es posible que las llamadas células de Purkinje, en el cerebelo, tengan todavía más. En cuanto al número de conexiones por neurona en la corteza cerebral, es probable que sean menos de diez mil). En el supuesto de que cada sinapsis responda a una cuestión

elemental con un simple «sí» o «no», al igual que los elementos de conmutación de las computadoras electrónicas, resultaría que el máximo de respuestas en uno u otro sentido, o bits de información, que podría contener el cerebro sería, poco más o menos, de $10^{10} \times 10^{3} = 10^{13}$, esto es, 10 billones de bits (o 100 billones = 10^{14} bits, si partimos de 10^{4} sinapsis por neurona). Algunas de dichas sinapsis contienen probablemente la misma información que otras sinapsis; otras guardarán relación con funciones motoras u otras funciones no cognoscitivas; finalmente, las habrá vacías de contenido, actuando como amortiguadores en espera del flujo informativo de la próxima jornada.

Si el cerebro humano tuviera una sola sinapsis —lo que correspondería a un individuo de monumental estupidez— no podríamos alcanzar más que dos estados mentales. Si las sinapsis fueran dos, tendríamos $2^{2} = 4$ estados; si fueran tres, $2^{3} = 8$ estados, y siguiendo esta progresión, a *n* sinapsis corresponderían 2^{n} estados. Pero el caso es que el cerebro humano contiene alrededor de 10^{13} sinapsis, por lo que el número de estados mentales que puede alcanzar el hombre es de $2^{10^{13}}$, o sea, 2 multiplicado por sí mismo diez billones de veces. Se trata de una cifra irrepresentable, mucho mayor, por ejemplo, que el número de partículas elementales (protones y electrones) que existen en todo el universo, número muy inferior a 2^{1000}. Debido a esta ingente cantidad de configuraciones cerebrales funcionalmente distintas no puede haber dos hombres iguales, ni siquiera dos gemelos monovitelinos que se hayan criado juntos. Esta cifra colosal puede explicar también, hasta cierto punto, el porqué de la imposibilidad de predecir la conducta humana y el hecho de que en un momento dado lleguemos a sorprendernos de nuestros propios actos. Y, ciertamente, a la vista de tales magnitudes, es realmente asombroso que existan pautas regulares de conducta en el hombre. La única respuesta válida es la de que en modo alguno se han agotado la totalidad de estados cerebrales y que, por consiguiente, existe un ingente número de configuraciones mentales no experimentadas, y ni siquiera atisbadas por el ser humano a lo largo de la historia de la humanidad. Desde este ángulo, todos somos diferentes entre sí, por lo que el reconocimiento de la inviolabilidad de la vida humana, en

razón a la singularidad de cada individuo, resulta una consecuencia ética plausible.

En los últimos años se ha podido determinar la existencia de microcircuitos electrónicos en el cerebro. Las neuronas que constituyen estos microcircuitos presentan una gama de respuestas que va mucho más allá del escueto así» o ano» de los elementos conmutadores de las computadoras. Debido a su reducidísimo tamaño (normalmente, una diezmilésima de centímetro) los microcircuitos pueden procesar la información a gran velocidad, pues responden a estímulos o impulsos cuyo voltaje es una centésima menor del que se necesita para estimular a una neurona común y, por lo tanto, son capaces de dar respuestas mucho más precisas y complejas. A lo que parece, estos microcircuitos proliferan de manera congruente con nuestras nociones habituales acerca de la complejidad de un animal, por lo que sería en el ser humano donde se daría una mayor proliferación de los mismos, tanto en términos absolutos como relativos. Por otra parte, en el hombre se desarrollan en una fase embriológica tardía. La existencia de dichos micro-circuitos induce a suponer que la inteligencia no sólo es la resultante de unos índices de proporcionalidad muy elevados entre cerebro y masa corporal, sino también de la abundancia de elementos conmutadores en el cerebro que realizan funciones muy específicas. Los microcircuitos hacen que el número de estados cerebrales sea mayor que el calculado en el párrafo anterior, con lo que se realza la sorprendente unicidad del cerebro de cada individuo.

Cabe, también, abordar el tema del caudal de información contenido en el cerebro humano con arreglo al método introspectivo, completamente distinto del precedente. Tratemos, por ejemplo, de representarnos visualmente una escena de nuestra niñez. Escrutémosla con los ojos de la imaginación y supongámosla compuesta por una finísima trama de puntos, como las telefotos de los periódicos. Cada puntito tiene un color y una intensidad de tono. Se trata de averiguar cuántos bits de información se necesitan para fijar el color y la intensidad tonal de cada uno de ellos, cuántos puntitos forman la imagen representada y cuánto tiempo se requiere para grabar en la mente todos los detalles de la imagen. En esta evocación retrospectiva, uno centra la imaginación en una pequeñísima porción de la

imagen cada vez, obteniendo un campo de visión muy reducido. Al integrar los distintos fragmentos de imagen, determinamos la velocidad con que el cerebro procesa los datos acumulados, que se expresará en bits por segundo. Realizado este cálculo, se detecta una velocidad máxima de procesamiento de unos 5.000 bits por segundo[5].

Por lo general, estas evocaciones visuales se concentran en los perfiles de las formas y en los contrastes muy marcados de color, como el paso del blanco al negro, más que en la representación de las gradaciones intermedias. La rana, por ejemplo, propende marcadamente a visualizar los gradientes de intensidad de tono. Con todo, existen claros indicios de que con razonable frecuencia se da una detallada rememoración no sólo de los contornos de los objetos o figuras, sino también de su masa interior. Tal vez el ejemplo más chocante sea realizar con el hombre el experimento de reconstrucción estereoscópica de una imagen tridimensional a base de contemplar separadamente un mismo objeto situado ante uno y otro ojo. La fusión de imágenes en este anáglifo exige la rememoración de 10.000 elementos visuales.

Pero cuando estoy en estado de vigilia no me paso las horas reteniendo imágenes visuales ni me dedico a escudriñar sin tregua a cuantas personas y objetos encuentro a mi paso. Todo lo más, dedico a ello un pequeño porcentaje de mi tiempo. Mis restantes conductos de información —auditivos, táctiles, olfativos y gustativos— también participan, pero con una velocidad de transmisión mucho más baja. Finalmente, deduzco que la velocidad media de mi cerebro en el tratamiento de la información es de unos 100 bits (5.000/50) por segundo. Así pues, resultaría que a lo largo de un período de sesenta años destinamos 2×10^{11} bits, o sea un total de 200.000 millones de bits, a la retentiva visual y de otro género, en el supuesto de que poseamos una buena memoria. Se trata de una cifra inferior, aunque razonablemente inferior, al número de sinapsis o conexiones neurales (puesto que el cerebro realiza otras funciones, además de la simple evocación mental), e indica que las neuronas son, indiscutiblemente, los elementos conmutadores básicos de la función cerebral.

El psicólogo norteamericano Mark Rosenzweig y sus colegas de la Universidad de California en Berkeley han llevado a cabo una serie de notables experimentos sobre los cambios que experimenta el cerebro durante el proceso de aprendizaje. Para ello constituyeron dos colonias de ratas de laboratorio: una en un medio silencioso, monótono y degradado, y otra en un entorno abigarrado, bullicioso y estimulante. Pues bien, el segundo grupo mostró un asombroso aumento de la masa y espesor de la corteza, simultáneamente con una serie de alteraciones en la química del cerebro. El fenómeno pudo detectarse tanto en los roedores maduros como en los jóvenes. Esta clase de experimentos demuestra que las incidencias de orden intelectivo van acompañadas de cambios fisiológicos y pone de manifiesto que la plasticidad o adaptabilidad puede ser regulada anatómicamente. Teniendo en cuenta que una corteza cerebral más grande puede facilitar el aprendizaje futuro, se aprecia claramente la importancia de que la niñez del individuo transcurra en un medio estimulante.

Ello significaría que el saber adquirido se corresponde con la producción de nuevas sinapsis o la reactivación de las casi extintas. El neuroanatomista William Greenough, de la Universidad de Illinois, junto con sus colaboradores, ha encontrado indicios que abonan esta hipótesis. En efecto, se ha comprobado que las ratas, después de varias semanas dedicadas al aprendizaje de nuevas instrucciones en el laboratorio, desarrollan en su corteza las ramas neuronales que necesitan para formar sinapsis. Por el contrario, otros roedores sometidos a las mismas condiciones ambientales pero que recibieron una instrucción mucho menos amplia no presentaron innovaciones neuroanatómicas de clase alguna. La formación de nuevas sinapsis requiere la síntesis de moléculas de proteína y de ARN. Pues bien, existen abundantes indicios de que estas moléculas se elaboran en el cerebro durante el aprendizaje, e incluso se ha dicho que el saber está contenido en las moléculas de proteína o de ARN del cerebro. Pero lo más probable es que la información incorporada esté contenida en las neuronas, que a su vez están constituidas por proteínas y ARN.

¿Cuál es el grado de compactibilidad de la información almacenada en el cerebro? Por regla general, un computador moderno en funcionamiento alberga un caudal informativo de alrededor de un millón de bits por centímetro cubico, cantidad resultante de dividir el total de información almacenada en el computador por su volumen. Como hemos dicho, el cerebro humano almacena alrededor de 10^{13} bits en poco más de 10^{3} centímetros cúbicos. Así pues, su densidad de información es de $10^{13}/10^{3} = 10^{10}$, o sea, unos diez mil millones de bits por centímetro cúbico. Por lo tanto, el cerebro acumula diez mil veces más información que un computador, pese a la diferencia de tamaño entre uno y otro. Dicho de otra manera: un computador de la última generación que tuviera que procesar los datos contenidos en el cerebro humano, tendría que tener un volumen diez mil veces mayor. Por otra parte, los actuales computadores electrónicos pueden procesar la información a una velocidad entre 10^{16} y 10^{17} bits por segundo, mientras que la velocidad máxima que desarrolla el cerebro es diez mil millones de veces menor. Fácil es imaginar cuán perfecto debe ser el sistema de almacenamiento y «bobinado» del cerebro, habida cuenta de su enorme volumen informativo y lenta velocidad de procesamiento de datos, para realizar tantas tareas vitales con mucha mayor eficiencia que el más perfeccionado de los computadores.

El número de neuronas contenidas en el cerebro de un animal no crece a la par que el volumen del cerebro, sino que aumenta más lentamente. Como se ha dicho, el cerebro del hombre, cuyo volumen es de unos 1.375 c.c., contiene, aparte del cerebelo, unos diez mil millones de neuronas y diez billones de bits. No hace mucho, hallándome en un laboratorio del Instituto Nacional de Salud Mental cercano a Bethesda, Maryland, tuve entre mis manos el cerebro de un conejo. Su volumen era a lo sumo de treinta centímetros cúbicos, poco más o menos el tamaño de un rábano común, correspondiente a unos pocos centenares de millones de neuronas y a unos cien mil millones de bits. Esta masa encefálica regulaba, entre otras cosas, la masticación de la lechuga, las contracciones del hocico y la actividad sexual de los individuos adultos.

Dado que en el seno de grupos taxonómicos como los mamíferos, reptiles o anfibios hay individuos con muy distintas masas cerebrales, no

nos es posible ofrecer una evaluación fidedigna acerca del número de neuronas que contiene el cerebro de un representante común de cada entidad o categoría taxonómica, pero sí podemos calcular los valores medios, como se muestra en el gráfico de la ilustración 1. Las evaluaciones aproximadas que allí se ofrecen indican que el cerebro del hombre tiene, poco más o menos, cien veces más bits de información que un conejo. No sé si tendrá utilidad saber que el hombre es cien veces más inteligente que el conejo, pero en todo caso no me parece una aserción ridícula. (Por supuesto que de ello no debe inferirse que un centenar de conejos alcancen el nivel de inteligencia de un ser humano).

Estamos ya en condiciones de poder comparar el gradual incremento que ha ido experimentando el caudal de información contenido en el material genético y el acumulado en el cerebro de los organismos a lo largo de los sucesivos estadios evolutivos. La intersección de las dos curvas (ilustración 1) coincide con una fecha que nos lleva a remontarnos unos cuantos centenares de millones de años en el pasado y a un volumen de información equivalente a unos miles de millones de bits. En algún lugar de las calurosas junglas del carbonífero emergió un organismo que por vez primera en la historia de la Tierra poseía más información en el cerebro que en los genes. Se trataba de uno de los primeros reptiles, y si nos topásemos con él en nuestro supercivilizado mundo, no le asignaríamos un grado de inteligencia excepcional. Sin embargo, este cerebro marcó un simbólico hito en los anales de la vida sobre el planeta. Los dos jalones subsiguientes en el proceso de cerebración, coincidentes con la aparición de los mamíferos y el advenimiento de los primates semejantes al hombre, constituyeron un avance todavía más significativo en lo tocante a la evolución de la inteligencia. Gran parte de la historia de la vida a partir del carbonífero puede ser descrita como el progresivo —y, por supuesto, incompleto— dominio del cerebro sobre los genes.

3

EL CEREBRO Y EL CARRO

«¿Cuándo volveremos a reunirnos los tres…?»

W. SHAKESPEARE, *Macbeth*

El cerebro de un pez es incipiente. Un pez posee un notocordio o médula espinal, al igual que otros invertebrados de inferior jerarquía. Un pez primitivo tiene, además, una pequeña protuberancia en el extremo frontal de su médula espinal que hace las veces de cerebro. En los peces más evolucionados esta protuberancia está más desarrollada, pero su peso aún no sobrepasa los dos gramos. En los animales superiores, esta turgencia corresponde al llamado cerebro posterior o rombencéfalo y al cerebro medio o mesencéfalo. El cerebro de los actuales peces está constituido en buena parte por el mesencéfalo y un diminuto prosencéfalo (cerebro anterior), a la inversa que en los reptiles y anfibios contemporáneos (véase la figura de la ilustración 5). Y, sin embargo, los registros fósiles de los primeros vertebrados conocidos nos muestran ya configuradas las principales divisiones del cerebro del hombre actual (por ejemplo, regiones anterior, media y posterior). Hace quinientos millones de años, nadaban en los mares primitivos unos vertebrados acuáticos pisciformes —los llamados placodermos y ostracodermos— cuyos cerebros tenían ostensiblemente las mismas divisiones básicas que los nuestros. Con todo, el tamaño y la importancia proporcional de sus partes, e incluso las funciones primitivas de las mismas, eran sin duda muy diferentes a los de nuestros días. Una de las perspectivas más interesantes de la ulterior evolución del cerebro es la crónica del continuo crecimiento y especialización de tres nuevas capas o membranas que coronan la médula espinal, el rombencéfalo y el mesencéfalo. Al término de cada fase de la evolución perviven las antiguas divisiones cerebrales, pero deben adecuarse al cambio y, además, se ha unido a ellas una nueva capa dotada de nuevas funciones.

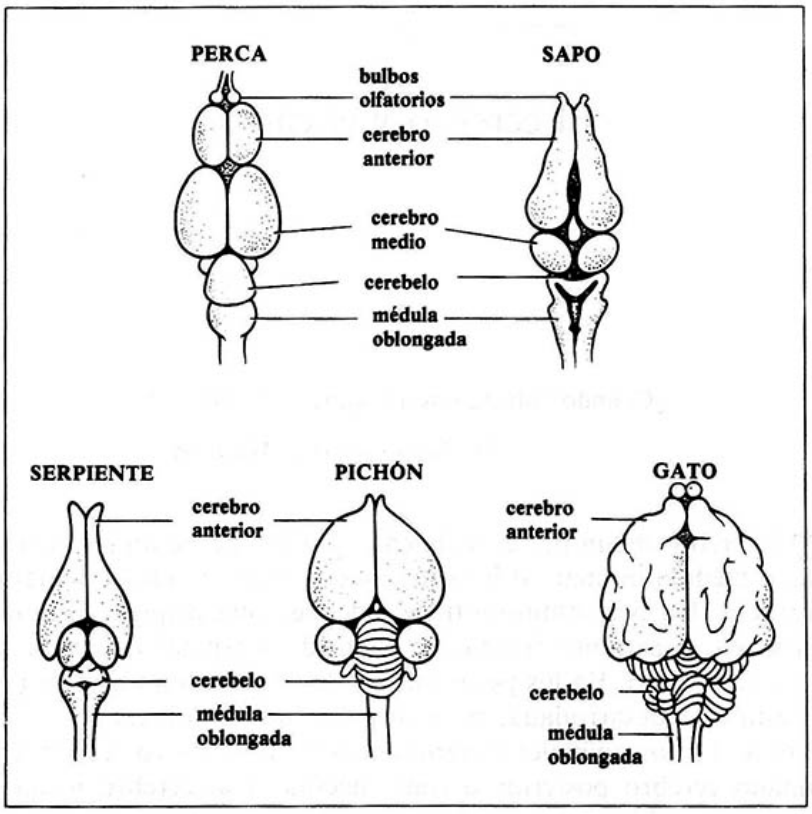


Ilustración 5. Esquemas comparativos de los cerebros de un pez, un anfibio, un reptil, un ave y un mamífero. El cerebelo y la médula oblongada forman parte del cerebro posterior.

Paul MacLean, director del laboratorio de evolución cerebral y conducta del Instituto Nacional de Salud Pública, es en la actualidad el más destacado representante de esta teoría. Uno de los rasgos más sobresalientes del trabajo de MacLean es que abarca una amplia gama de especies animales, desde el lagarto hasta el tití. Otra nota acreditativa de su excelente labor es el minucioso estudio que él y sus colegas han llevado a cabo sobre el comportamiento social y de todo tipo de estos animales para así incrementar las posibilidades de descubrir qué actos de conducta concretos regula cada una de las partes del cerebro.

Los titíes de rasgos faciales «exóticos» se saludan entre sí con arreglo a una especie de ritual exhibicionista. Los machos muestran la dentadura, sacuden las barras de la jaula, lanzan un chillido estridente —que a buen seguro tiene carácter intimidatorio en las colonias de estos platirrinos— y elevan las piernas dejando al descubierto el pene erecto. Si en la comunidad humana un comportamiento de este género se consideraría en muchos casos sumamente grosero, en lo que respecta a los titíes constituye un acto

complejo que sirve para mantener la jerarquía de dominio en el ámbito de su comunidad.

MacLean ha descubierto que basta la lesión de una pequeña porción del cerebro para que el tití no pueda acometer la exhibición referida, aun cuando mantenga intactos sus restantes facultades, como pueden ser las funciones sexuales y la agresividad. La parte afectada se halla en la parte más «vieja» del prosencéfalo, que tanto el hombre como otros primates comparten con los mamíferos y reptiles antecesores del hombre. En los mamíferos no pertenecientes el orden de los primates y en los reptiles se da un comportamiento ritual semejante que, al parecer, se regula desde la misma región cerebral. Las lesiones de este componente reptiloide pueden repercutir sobre otras actividades automáticas no precisamente rituales como, por ejemplo, los actos de andar o de correr.

Entre los primates hallamos con frecuencia esta relación entre ostentación sexual y posición jerárquica del individuo. Por ejemplo, entre los macacos japoneses, la casta social se mantiene y refuerza mediante la monta diaria de los individuos de castas inferiores, que adoptan la sumisiva postura sexual característica de la hembra en celo mientras los machos dominantes efectúan una breve y formularia cubrición. Se trata no tanto de apareamientos de carácter sexual como de actos generalizados y rutinarios que denotan claramente la identidad social del individuo en el seno de una sociedad compleja.

En un estudio sobre el comportamiento del tití Caspar, el animal dominante de la colonia y, con mucho, el más exhibicionista, no fue visto ni una sola vez copulando pese al gran número de veces que hizo ostentación del miembro genital (las dos terceras partes del total computado); por lo demás, casi todas sus exhibiciones iban dirigidas a otros machos adultos. El hecho de que Caspar se viera fuertemente inducido a dejar constancia de su dominio, pero en cambio muy poco estimulado en cuanto a sus apetitos sexuales, indica que aun cuando ambas funciones puedan suponer la intervención de los mismos órganos no guardan entre sí una relación directa. Los científicos que estudiaban el comportamiento de la citada colonia llegaron a la conclusión de que «la exhibición de los genitales debe ser considerada como el signo socialmente más eficaz para delimitar la

jerarquía del individuo dentro del grupo. Con este comportamiento de carácter ritual, el mono parece querer indicar: Aquí soy yo quien manda. Seguramente deriva de la práctica sexual, pero se utiliza con fines de comunicación social, sin relación con la actividad reproductiva. En otras palabras: la exhibición fálica es un ritual derivado del comportamiento sexual pero que cumple un fin social, no de orden reproductivo».

Durante un programa televisivo con personajes invitados emitido en 1976, el entrevistador preguntó a un jugador de fútbol profesional si a los miembros del equipo les resultaba embarazoso mostrarse desnudos en el vestuario, a lo que el interpelado contestó sin vacilar: «¡Qué va! ¡Nos gusta exhibirnos! Nadie se siente violento. Es como si nos dijésemos el uno al otro: ¡Eh, tío, veamos qué calibre gastas!… Puede que con los entrenadores o los masajistas no sea lo mismo».

Las relaciones de comportamiento y neuroanatómicas entre apetito sexual, agresividad y dominio se han visto confirmadas por una amplia variedad de estudios. El ceremonial que conlleva el apareamiento de los gatos monteses y muchos otros animales es difícilmente distinguible, al menos en las primeras fases, del combate entre dos individuos de la misma especie. Todo el mundo sabe que a veces el gato doméstico ronronea irritado mientras raspa lentamente con sus garras el tapizado de un mueble o la piel del hombre protegida por una liviana prenda de vestir. El empleo de la sexualidad como fórmula para fijar y mantener la relación de dominio se aprecia a veces en las prácticas heterosexuales y homosexuales del hombre (aun cuando no se trate, por supuesto, del único elemento que interviene en ellas), así como en muchas expresiones «obscenas». Téngase en cuenta la peculiaridad de que el más común de los insultos verbales en inglés (*fuck-you*, jódete) y, también en muchos otros idiomas, hace referencia a un acto de intenso placer físico. Probablemente, la forma inglesa deriva del antiguo verbo alemán y holandés *fokken*, que significa «golpear», «atacar», «dar caña», etc. Este por lo demás enigmático empleo puede entenderse como un equivalente verbal del lenguaje simbólico del macaco, en la que el pronombre «yo» queda sobreentendido por ambas partes. Tanto esta expresión como otras de parecida índole parecen constituir un apareamiento de carácter ceremonial entre individuos de la

especie humana. Como tendremos ocasión de ver, es probable que este comportamiento se retrotraiga a especies muy anteriores a los monos y se remonte cientos de millones de años en el pasado geológico.

Partiendo de experimentos como los realizados con los titíes, MacLean ha elaborado un sugestivo modelo de la estructura y evolución cerebral que él llama cerebro «trino». Afirma que «estamos obligados a examinarnos a nosotros mismos y al mundo en general a través de tres mentalidades muy distintas», en dos de las cuales no interviene la facultad del habla. MacLean sostiene que el cerebro humano «equivale a tres computadores biológicos interconectados», cada uno de los cuales posee «su peculiar y específica inteligencia, subjetividad y sentido del tiempo y del espacio, así como sus propias funciones de memoria, motrices y de todo tipo». Cada cerebro corresponde a una etapa evolutiva de trascendental importancia. El referido investigador afirma también que los tres cerebros se distinguen tanto por su configuración neuroanatómica como por su funcionalidad, y que contienen proporciones muy dispares de dopamina y colinesterasa, dos sustancias químicas cerebrales.

La parte más primitiva del cerebro humano comprende la médula espinal; la médula oblongata y la protuberancia anular (o pons), que forman el cerebro posterior; y el cerebro medio o mesencéfalo. MacLean llama «armazón neural» al conjunto integrado por la médula espinal, el cerebro posterior y el cerebro medio. Alberga los mecanismos neurales básicos de la reproducción y la autoconservación, aspecto que incluye la regulación del ritmo cardiaco, circulación sanguínea y respiración. En un pez o un anfibio éste es casi todo el cerebro que existe, pero según MacLean, un reptil o animal superior privado de prosencéfalo (cerebro anterior) es «tan insensible y tan inútil como un vehículo parado sin conductor».

En mi opinión, la llamada epilepsia *gravior* o *gran mal* puede ser considerada como una dolencia en la que los impulsores cognoscitivos han quedado inutilizados debido a una especie de tormenta eléctrica sobrevenida en el cerebro, tras la cual, el sujeto afectado no dispone momentáneamente de más elemento operativo que el armazón neural. Se

trata de una grave lesión que, momentáneamente, hace retroceder a la víctima varios cientos de millones de años. Los antiguos griegos, de los que seguimos utilizando el nombre con que denominaron a la enfermedad, reconocieron el carácter insondable de la misma y la llamaron «la enfermedad infligida por los dioses».

MacLean distingue tres clases de elementos motrices del armazón neural. El de formación más antigua envuelve el cerebro medio (integrado en buena parte por lo que los neuroanatomistas denominan la estría olfatoria, el cuerpo estriado y el *globus pallidus*); lo comparten con nosotros los restantes mamíferos y los reptiles. Probablemente se desarrolló hace varios centenares de millones de años. MacLean lo denomina el complejo reptílico o complejo R. Rodeándolo se halla el sistema límbico, llamado así porque linda con el cerebro propiamente dicho. (En inglés, brazos y piernas se llaman *limbs* (miembros) por ser órganos *periféricos* al resto del cuerpo). También los restantes mamíferos tienen un sistema límbico, y en un grado mucho menos evolucionado lo poseen asimismo los reptiles. Seguramente se originó hace más de ciento cincuenta millones de años.

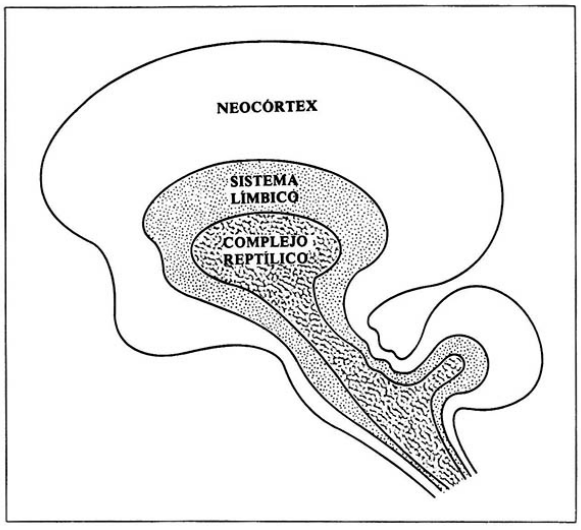


Ilustración 6. Representación muy esquematizada del complejo-R, el sistema límbico y el neocórtex en el cerebro humano, según MacLean.

Por último, rematando lo que resta del cerebro, se encuentra el neocórtex, sin duda la incorporación evolutiva más moderna. El hombre, al igual que los mamíferos superiores y los restantes primates, posee un

neocórtex proporcionalmente grande. En los mamíferos más evolucionados se aprecia un aumento gradual de esta zona cerebral. El más perfecto es el nuestro (junto con el de los delfines y los grandes cetáceos como las ballenas). Probablemente se constituyó hace varias decenas de millones de años, pero con la aparición del hombre su desarrollo se aceleró en gran manera. En la ilustración 6 ofrecemos una representación esquemática ajustada a esta descripción del cerebro humano, y en la ilustración 7 un cotejo del sistema límbico con el neocórtex en tres mamíferos contemporáneos. El concepto de cerebro «trino» concuerda de forma notable con la conclusión, derivada de forma independiente del estudio de la proporción entre masa cerebral y masa corpórea ofrecido en el capítulo anterior, de que la aparición de los mamíferos y de los primates (especialmente del hombre) vino acompañada de verdaderos hitos en el proceso de cerebración.

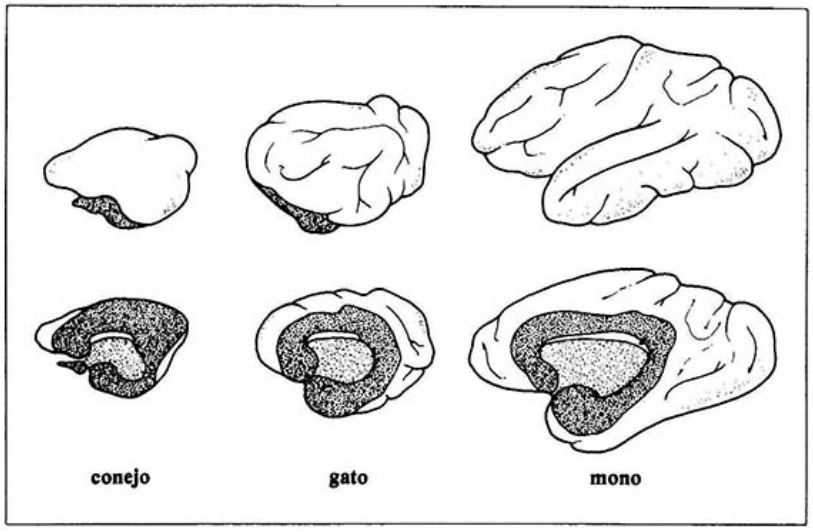


Ilustración 7. Representación esquemática de la parte superior y lateral de los cerebros del conejo, el gato y el mono. Las zonas punteadas en negro constituyen el sistema límbico, que se aprecia más claramente en los esquemas laterales. La región en blanco, con presencia de surcos, representa el neocórtex, visible sobre todo en las figuras de la parte superior.

Resulta muy difícil evolucionar alterando la estructura profunda de la vida. Cualquier intento de cambio puede resultar funesto. Aun así es posible que se produzcan transformaciones básicas mediante la superposición de nuevos sistemas a los ya existentes. Ello nos trae a la memoria una teoría que Ernest Haeckel, el anatomista alemán del siglo XIX, llamó de la *recapitulación* y que ha conocido distintas fases de aceptación y rechazo

entre los medios científicos. Decía Haeckel que durante su desarrollo embriológico un animal tiende a repetir o «recapitular» la secuencia evolutiva de sus antecesores. Asimismo, el feto humano, durante su vida intrauterina, pasa por distintas fases evolutivas muy semejantes a las de los peces, reptiles y mamíferos no primates antes de desarrollar aquellos rasgos fisiológicos que acreditan su condición de hombre. Durante la etapa pisciforme inclusive posee unas hendiduras branquiales, que no reportan utilidad alguna al embrión, ya que éste se alimenta a través del cordón umbilical, pero que son vitales dentro del proceso embriológico humano. En efecto, dado que las branquias eran un órgano fundamental para nuestros antepasados, el embrión humano pasa por una fase de desarrollo branquial. El cerebro de un feto humano también se desarrolla de dentro hada afuera y, en términos aproximados, pasa por la secuencia armazón neural, complejo R, sistema límbico y neocórtex (véase en la ilustración 43 un esquema seriado del desarrollo embrionario del cerebro humano).

Las causas explicativas de la recapitulación pueden entenderse del siguiente modo. La selección natural opera tan sólo en los individuos, no en la especie, y escasamente sobre los huevos o los fetos. En este sentido, el último cambio evolutivo se produce después del parto. Puede que el feto presente determinados rasgos, como las ya citadas hendiduras branquiales de los mamíferos, que perjudicarían la adaptación del individuo al medio tras su nacimiento, pero mientras no causen daños al feto y desaparezcan antes del parto, el organismo las tolera sin dificultad. Nuestras hendiduras branquiales no son vestigios de los antiguos peces, sino de los primitivos embriones de peces. Muchos órganos de nueva génesis se constituyen, no por adición y conservación, sino por transformación de órganos primitivos en otros nuevos: las aletas se transforman en patas y las patas en miembros natatorios o alas; los pies se convierten en manos, y a la inversa; las glándulas sebáceas en glándulas mamarias; los arcos branquiales en los huesos del oído; las escamas de los tiburones en dientes, etc. Por lo tanto, la evolución por adición o superposición y la preservación funcional de la estructura preexistente se produce por una de estas dos razones: o bien porque la primitiva función es tan necesaria como la nueva, o bien porque

no existe medio de relegar el órgano antiguo sin poner en peligro la supervivencia del individuo.

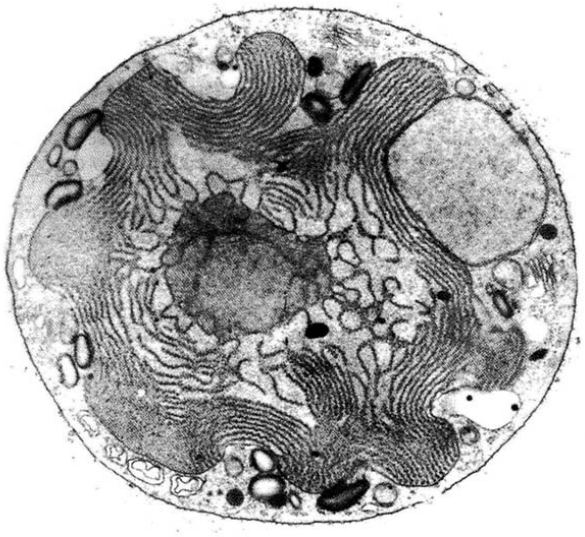


Ilustración 8. Fotografía de una pequeña planta llamada *alga roja* tomada con el microscopio electrónico. Su denominación científica es la de *Porphyridium cruentum.* El cloroplasto, factoría fotosintética de este organismo, ocupa casi toda la superficie de la célula. La imagen ha sido ampliada 23.000 veces y fue tomada por la doctora Elizabeth Gantt, del laboratorio de Biología y Radiación de la Smithsonian Institution.

La naturaleza nos ofrece muchas otras muestras de este tipo de desarrollo evolutivo. Para tomar un ejemplo, casi al azar, analicemos por qué las plantas son verdes. El proceso de fotosíntesis de las plantas verdes utiliza la luz de las bandas roja y violeta del espectro solar para romper las moléculas de agua, formar hidratos de carbono y acometer otras funciones vegetales. Sin embargo, el sol irradia más luz en las bandas amarilla y verde del espectro que en las bandas roja y violeta. Las plantas cuyo único pigmento fotosintético es la clorofila rechazan, pues, la fuente lumínica más abundante. Muchos vegetales parecen haber «advertido» un tanto tardíamente esta circunstancia y han llevado a cabo las pertinentes adaptaciones. También han ido apareciendo otros pigmentos que reflejan la luz roja y absorben la verde y la amarilla, como los carotenoides y ficobilinas. Tanto mejor. Cabe preguntarse, empero, si estas plantas que utilizan nuevos pigmentos en la operación de fotosíntesis han prescindido de la clorofila. La respuesta es negativa. La fotografía de la ilustración 8 nos muestra la «fábrica» fotosintética de un alga roja. Las zonas estriadas contienen clorofila y las pequeñas esferas arrebujadas junto a ellas contienen ficobilinas, que son las que confieren a esta alga su típica

coloración rojiza. Por regla general, estas plantas transfieren la energía que toman de las bandas verde y amarilla de la luz solar al pigmento de la clorofila, que aun cuando no la absorba, sigue siendo instrumento válido para salvar los desajustes entre la luz y los procesos químicos en la fotosíntesis de todas las plantas. La naturaleza no podía prescindir sin más de la clorofila para sustituirla con pigmentos más idóneos, y ello porque está profundamente urdida con la obra estructural de la vida. Qué duda cabe, las plantas que poseen otros pigmentos suplementarios se diferencian de las restantes en cuanto que son más eficientes; pero de todas formas, en ellas hallamos como elemento clave del proceso de fotosíntesis la clorofila, que sigue activa aunque con responsabilidades muy disminuidas. Pues bien, estimo que el proceso evolutivo del cerebro ha seguido el mismo cauce y que las partes más internas, las más primitivas, continúan cumpliendo su misión.

1. EL COMPLEJO R

Si la tesis que hemos avanzado es correcta, cabe suponer que en cierto modo el complejo R sigue desempeñando dentro del cerebro humano las mismas funciones que cumplía en el dinosaurio, y que la corteza límbica genera los estereotipos mentales de los pumas y los perezosos. Es indiscutible que cada nueva fase en el proceso de cerebración viene acompañada de transformaciones en la fisiología de los primitivos componentes del cerebro. La evolución del complejo R habrá acarreado cambios en el cerebro medio y en otras regiones del encéfalo. Pero sabemos que la regulación de buen número de funciones es tarea común de diferentes componentes cerebrales, y sería realmente extraño que los componentes cerebrales de la base del neocórtex no continuaran actuando en buena medida como lo hacían en tiempos de nuestros remotos antecesores.

MacLean ha demostrado que el complejo R desempeña un papel importante en la conducta agresiva, la territorialidad, los actos rituales y el establecimiento de jerarquías sociales. Salvo excepciones esporádicas, a las

que damos la bienvenida, tengo la impresión de que estos rasgos configuran en buena medida el comportamiento burocrático y político del hombre actual. No quiero decir con ello que el neocórtex no juegue también su papel en una convención política estadounidense o en una sesión del Soviet Supremo de la URSS. A fin de cuentas, se trata de rituales en los que prevalece la comunicación de tipo verbal, es decir, generada por aquel órgano. Pero sorprende comprobar en qué medida nuestros actos reales —en contraposición a lo que decimos o pensamos— puede explicarse en función de las pautas que rigen la conducta de los reptiles. Hablamos muchas veces de asesinos que matan «a sangre fría». Entre los consejos de Maquiavelo al príncipe está el de «actuar a sabiendas como las alimañas».

En lo que cabe considerar como una interesante anticipación parcial de estas ideas, la filósofa norteamericana Susanne Langer escribió: «La vida humana está punteada de actos rituales, como lo están los hábitos de los animales. Es una obra intrincada en la que se entremezclan la razón y el rito, el saber y la religión, la prosa y la poesía, la realidad y los ensueños… El ritual, como el arte, es en esencia la culminación activa de una transformación simbólica de la experiencia. Se engendra en la corteza, no en el "cerebro primitivo", pero es fruto de una *necesidad elemental* de dicho órgano, una vez desarrollado éste hasta acceder al estadio humano». Salvo el hecho de que el complejo R *es parte* del «cerebro primitivo», la autora de estas palabras da de lleno en el blanco.

Quisiera hablar sin reticencias acerca de las repercusiones que tiene en el plano social la aseveración de que el cerebro del reptil influencia los actos del hombre. Si la conducta burocrática está esencialmente regulada por el complejo R, ¿significa esto que no hay esperanza para el futuro humano? En el hombre, el neocórtex representa alrededor del 85% del cerebro, lo que refleja en cierta medida su importancia comparado con el cerebro posterior, el complejo R y el sistema límbico. Tanto la neuroanatomía, como la historia política y la propia introspección ofrecen pruebas de que el ser humano es perfectamente capaz de resistir el apremio de ceder a los impulsos emanados del cerebro del reptil. Es impensable, por ejemplo, que el complejo R pudiera registrar, y mucho menos concebir, la Declaración de los Derechos Humanos contenida en la Constitución

norteamericana. Es precisamente nuestra adaptabilidad y largo proceso de maduración lo que impide que aceptemos servilmente las pautas de conducta genéticamente programadas de que somos portadores, y ello de forma más manifiesta que en las restantes especies. Pero, si bien el cerebro trino constituye un buen modelo del comportamiento del hombre, no podemos ignorar el componente reptílico de la naturaleza humana, sobre todo en lo que atañe a los actos rituales y jerárquicos. Por el contrario, el modelo del cerebro trino puede ayudarnos a comprender mejor la naturaleza profunda del ser humano. (Me pregunto, por ejemplo, si los aspectos rituales de muchas enfermedades psicóticas como la esquizofrenia hebefrénica pueden ser resultado de la hiperactividad de algún centro del complejo R o del fallo de algún emplazamiento neocortical cuya misión es contener o eliminar al complejo R. También me pregunto si el carácter ritual que posee muchas veces el comportamiento de los niños es consecuencia del todavía incompleto desarrollo de sus neocórtex).

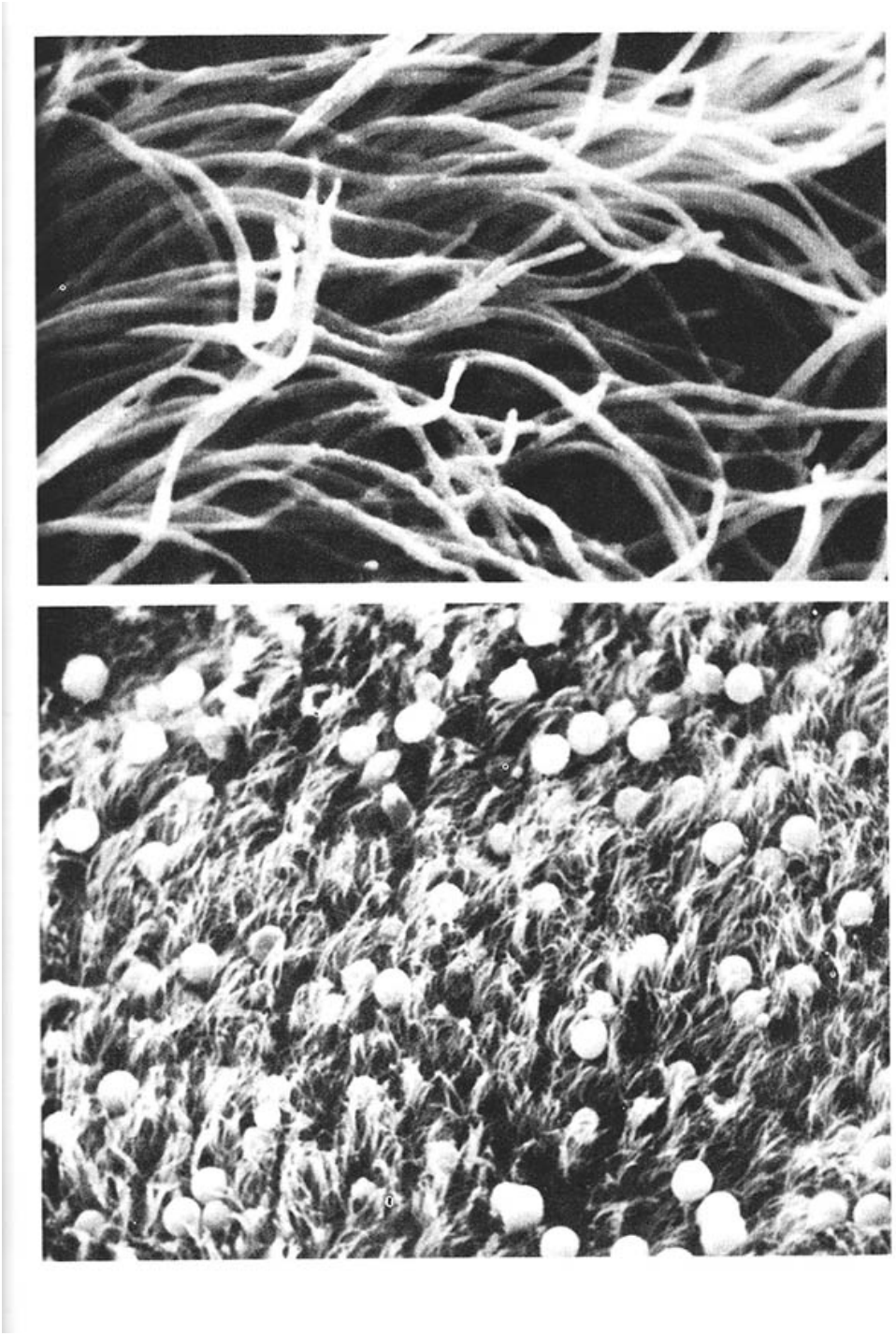


Ilustración 9. Dos fotografías en el interior del tercer ventrículo del cerebro tomadas con el microscopio electrónico por Richard Steger, de la Wayne State University. Se observan en ellas minúsculos apéndices filamentosos o cilios de movimiento ondulante transportando pequeñas proteínas cerebrales esferoides. Parece que estamos ante una multitud por encima de cuyas cabezas cruzan grandes pelotas playeras.

En un pasaje que, curiosamente, viene muy al caso, G. K. Chesterton escribió: «Puedes liberar a las cosas de leyes accidentales o ajenas a las mismas, pero no de las que conciernen a su propia naturaleza… No

vayamos a… forzar la situación hasta el punto de pretender que el triángulo rompa el marco carcelario de sus tres lados, pues en el momento en que lo haga, su vida acaba de forma deplorable». Pero no todos los triángulos tienen los lados iguales. En nuestra mano está efectuar algunos ajustes sustanciales del papel que proporcionalmente corresponde a los diversos componentes del cerebro trino.

2. EL SISTEMA LÍMBICO

En el sistema límbico se gestan las emociones intensas o singularmente vividas, circunstancia que amplía de inmediato nuestra perspectiva acerca de la mente del reptil, en cuanto que ésta no viene caracterizada por indómitas pasiones ni calamitosas contradicciones, sino más bien por una dócil y torpe aquiescencia al modelo de conducta que le dictan sus genes y su cerebro.

Las descargas eléctricas en el sistema límbico producen en ocasiones síntomas similares a los que ocasionan las psicosis o las drogas psicodélicas y alucinógenas. A decir verdad, la sede del efecto de muchas drogas psicotrópicas reside en el sistema límbico. Quizá sea dicho sistema el que controla la hilaridad, el sobrecogimiento y una gran variedad de sutiles emociones que solemos considerar privativas del hombre.

La pituitaria, «glándula directriz» que influye en otras y domina el sistema endocrino del hombre, forma parte esencial de la región límbica. Las alteraciones del ánimo que acarrean los desequilibrios endocrinos ofrecen interesantes indicios acerca de la conexión del sistema límbico con los estados mentales. En el sistema límbico hay una pequeña inclusión en forma de almendra, llamada amígdala, que desempeña un importante papel en la génesis de los impulsos agresivos y de los sentimientos de temor. La excitación eléctrica de la amígdala en pacíficos animales domésticos puede llevarles a grados de terror o agitación extremos. En el curso de un experimento, un gato se encogió de miedo a la vista de un ratoncito blanco. De otra parte, animales salvajes como el lince se convierten en dóciles animalitos que se dejan acariciar y manejar a gusto del hombre tras serles

extirpadas las amígdalas. Las perturbaciones del sistema límbico pueden originar irritaciones, miedo o emotividad intensa sin causa aparente. La hiperestimulación natural puede producir los mismos resultados. Quienes padecen esta dolencia experimentan sensaciones incomprensibles y sin conexión con la realidad que les categorizan como enajenados mentales.

Parte al menos de la función reguladora de la emotividad que desempeñan glándulas endocrinas del sistema límbico como la pituitaria, la amígdala y el hipotálamo proviene de las pequeñas proteínas hormonales que segregan y que afectan a otras regiones cerebrales. Tal vez la más conocida sea la hormona adrenocorticotrópica (ACTH), proteína de la pituitaria, que puede tener repercusión en fundones mentales tan diversas como la retención visual, la ansiedad y el grado de atención. Algunas proteínas hipotalámicas de pequeño volumen han sido localizadas por vía experimental en el tercer ventrículo del cerebro, que conecta el hipotálamo con el tálamo, zona que también forma parte del sistema límbico. Las asombrosas imágenes de la ilustración 9 tomadas con un microscopio electrónico muestran dos primeros planos de la actividad del tercer ventrículo. El esquema de la ilustración 11 puede servir para clasificar algunos de los aspectos de índole neuroanatómica que acabamos de exponer.

Existen motivos para creer que las raíces del comportamiento altruista se hallan en el sistema límbico. Ni que decir tiene que, salvo raras excepciones (sobre todo los insectos sociales), los mamíferos y las aves son los únicos organismos que se esmeran en el cuidado de su prole, fenómeno de orden evolutivo que, sobre la base del largo período de adaptabilidad que origina, saca partido de la considerable aptitud del cerebro de los mamíferos y primates en cuanto al procesamiento de datos. A lo que parece, el amor es invención de los mamíferos[6].

Muchas facetas del comportamiento de los animales tienden a refrendar la noción de que las emociones intensas son básicamente, privativas de los mamíferos y en menos grado de las aves. Las similitudes de las reacciones emotivas de los animales domésticos y las del hombre me parecen obvias. Es de sobras conocida la notoria tristeza que invade a las hembras de muchos mamíferos cuando se les arrebatan las crías. Uno se pregunta por la

intensidad de estas emociones. ¿Acaso los caballos albergan a veces sentimientos de fervor patriótico? ¿Experimentan los perros hacia el hombre un cierto arrobo parecido al éxtasis religioso? ¿Qué otra clase de intensas y recónditas emociones albergan los animales que no comunican con nosotros?

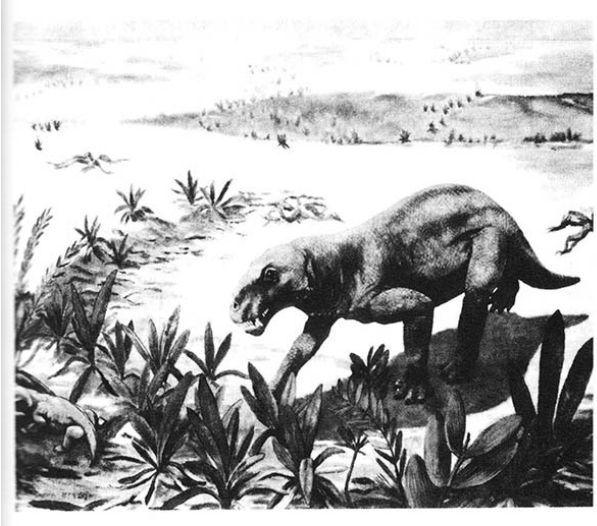


Ilustración 10. Apunte de la hipotética configuración corpórea del *Lycaenops*, reptil del mesozoico, según John Germann. Posiblemente fueron criaturas de este género, semejantes a los mamíferos, las que primero experimentaron un sustancia desarrollo del sistema límbico.

La parte más primitiva del sistema límbico es la corteza olfativa, relacionada con la percepción de olores, cuya intensa calidad emocional conocen bien la mayoría de los humanos. En el hipocampo, estructura situada dentro del sistema límbico, se localiza buena parte de nuestra capacidad de retención y evocación del pasado, conexión que se aprecia con toda claridad si se toman en cuenta los menoscabos de memoria que producen las lesiones en el mismo. Un caso famoso fue el de H. M., paciente con un largo historial clínico de ataques apopléticos y convulsiones, que sufrió extirpación bilateral de la región que circunda el hipocampo en un logrado intento de aminorar la frecuencia y la intensidad de aquéllos. Inmediatamente el enfermo experimentó amnesia, pero conservó casi intactas sus facultades perceptivas, consiguió asimilar nuevas técnicas motoras y conoció cierto grado de aprendizaje perceptual. De todos modos, no acertaba a recordar un suceso a las pocas horas de acaecido. Según sus propias palabras, «cada día es un episodio aislado; con él se esfuman las alegrías y las tristezas que haya podido experimentar».

Describió su vida como una prolongación incesante de esta sensación de aturdimiento que nos sobrecoge al despertar de un sueño sin que acertemos a recordar claramente su contenido. Lo más curioso es que a pesar de la grave lesión que padecía, el coeficiente de inteligencia de H. M. mejoró al serle extirpada la porción cerebral que envuelve al hipocampo. A lo que parece, percibía los olores, pero no acertaba a identificar por su nombre lo que producía dicho aroma. También mostraba una carencia total de apetitos sexuales.

Otro caso conocido fue el de un joven piloto norteamericano que en el curso de un duelo fingido con otro compañero de escuadrilla sufrió una herida producida por un estilete en forma de florete que le penetró por la ceja derecha y perforó la pequeña zona del sistema límbico situada exactamente encima de la misma. La herida le ocasionó una grave pérdida de memoria, parecida a la que experimentó H. M., aunque menos seria, pues conservó buena parte de sus facultades perceptuales e intelectivas. Los trastornos de la memoria se manifestaron muy en especial en la dificultad para encontrar palabras con que expresarse. Por otro lado, el accidente le ocasionó impotencia sexual y le hizo insensible al dolor. En cierta ocasión paseó descalzo por la cubierta metálica de un buque de pasaje caldeada en extremo por el sol sin darse cuenta de que se estaba infligiendo graves quemaduras, hasta que los pasajeros próximos a él empezaron a quejarse de un nauseabundo olor a carne chamuscada; pero él no sintió dolor alguno ni percibió el desagradable olor a quemado.

En base a los ejemplos expuestos, parece evidente que una actividad propia de los mamíferos tan compleja como la función sexual viene regulada simultáneamente por cada uno de los tres componentes del cerebro «trino»: el complejo R, el sistema límbico y el neocórtex. (Hemos aludido ya a la influencia del complejo R y del sistema límbico en la actividad sexual. El análisis introspectivo nos permite fácilmente recoger pruebas que demuestran la participación del neocórtex).

Una parcela del sistema límbico primitivo regula las funciones orales y gustativas, y otra las funciones sexuales. La relación entre olfato y actividad sexual es muy antigua y se manifiesta especialmente en los insectos, circunstancia que nos permite apreciar tanto la importancia como las

desventajas que comportaba para nuestros antepasados el fiarlo todo a su capacidad olfativa.

En una ocasión fui testigo de un experimento en el transcurso del cual se conectó la cabeza de una mosca verde, mediante un finísimo hilo eléctrico, a un osciloscopio que registraba en una especie de gráfica todos los impulsos eléctricos producidos por su aparato olfativo. (Conviene puntualizar que hacía muy poco que se había separado la cabeza del cuerpo del insecto con objeto de facilitar el acceso al aparato olfativo, y que aquélla continuaba funcionando casi normalmente[7].) Los investigadores que llevaban a cabo el experimento produjeron emanaciones de muy distinta índole, incluso de gases repelentes y tóxicos, como el amoníaco, sin que se apreciara efecto alguno. La línea que trazaba el osciloscopio era absolutamente plana, sin alternancias en su trazado horizontal. Pero cuando se depositó ante la cabeza del insecto macho una ínfima cantidad del estimulante sexual que segrega la hembra de la mosca verde, el osciloscopio registró en el acto una violenta línea vertical. En una palabra, la mosca verde no podía oler otra cosa que el estimulante de la sexualidad, pero esa molécula la percibía fantásticamente bien.

En los insectos suele darse esta especialización olfatoria. Por ejemplo la mariposa macho del gusano de seda puede detectar el estimulante sexual con sólo que sus livianas antenas capten unas cuarenta moléculas por segundo de sustancia estimulante. Una hembra de la especie necesita liberar tan sólo una centésima de microgramo de sustancia estimulante para atraer a todos los machos que se hallan a una milla cúbica de distancia. Así queda asegurada la propagación de la especie.

Quizá la muestra más palpable y curiosa de la importancia que reviste este fiar el hallazgo de la hembra al sentido olfativo con fines de propagación de la especie nos lo proporciona un escarabajo que vive en Sudáfrica, el cual, durante el invierno, se guarece en un hueco excavado en el suelo. Con la llegada de la primavera se caldea la tierra y emergen los insectos. Pero lo curioso es que los escarabajos machos asoman, aturdidos, unas semanas antes que las hembras. En esta misma región de Sudáfrica crece una especie de orquídea que desprende un aroma idéntico al de la sustancia sexual emanada por el escarabajo hembra. Lo cierto es que la

evolución de la orquídea y del escarabajo ha coincidido en la producción de una molécula básicamente igual. Resulta, además, que el escarabajo macho es extremadamente «corto de vista», y los pétalos de las orquídeas presentan una configuración que el miope insecto confunde con una hembra de la especie en postura sexualmente receptiva. Por espacio de varias semanas el insecto macho se despacha a gusto con las orquídeas, e imaginamos a las hembras abandonando su refugio invernal heridas en su amor propio y justamente indignadas. Entretanto, las orquídeas han sido fecundadas por polinización cruzada gracias a los enardecidos insectos machos, que, confundidos, hacen ahora cuanto pueden para asegurar la pervivencia de su especie. Con ello, uno y otro organismo logran su objetivo. (Digamos de pasada que no conviene a las orquídeas mostrarse demasiado irresistibles, ya que si los escarabajos no pudieran luego reproducirse entre sí aquéllas se verían en grave trance). Acabamos de descubrir una de las limitaciones que presenta la estimulación puramente olfativa. Otra restricción radica en el hecho de que cada escarabajo hembra produce el mismo tipo de estimulante sexual, por lo que no es fácil que un individuo macho se prende, por decirlo de algún modo, de la hembra de sus sueños. Si bien en ciertos casos el macho hace ostentación de su calidad de tal para atraer a la hembra o, como ocurre con el ciervo volante, se traba por la mandíbula en singular combate con otro individuo para ganarse los favores de la dama, parece indudable que el papel determinante de la sustancia sexual en el apareamiento reduce la amplitud de la selección sexual entre los insectos.

Los reptiles, pájaros y mamíferos han puesto en juego otros métodos para localizar a su par. Sin embargo, la relación de la función sexual con el sentido del olfato es todavía apreciable, en el marco de la anatomía cerebral, en los animales de orden superior, y en el plano anecdótico, en la experiencia del ser humano. A veces me pregunto si los desodorantes, sobre todo los desodorantes «femeninos», no constituyen un intento de encubrir los estímulos de orden sexual para que concentremos nuestra atención en otros menesteres.

3. EL NEOCÓRTEX

Incluso en los peces las lesiones del cerebro anterior repercuten en las pulsiones de iniciativa y cautela hasta destruirlas. En los animales superiores, estas mismas pulsiones, aunque mucho más perfeccionadas, parecen localizadas en el neocórtex, región donde se ubican muchas de las funciones cognitivas que mejor definen al hombre como tal. Al hablar de esta porción de la corteza cerebral suelen distinguirse en ella cuatro regiones o lóbulos: frontal, parietal, temporal, y occipital. Los primeros neurofisiólogos sostenían que, básicamente, las conexiones del neocórtex no rebasaban el marco de este órgano; pero hoy sabemos que existen gran número de conexiones neurales con el cerebro subcortical. De todos modos, no está claro, ni mucho menos, que las subdivisiones neocorticales constituyan auténticas unidades funcionales. Ciertamente, cada una de ellas regula multiplicidad de funciones, muy distintas unas de otras, pero es probable que algunas sean ejercidas por más de un lóbulo a la vez. Según se desprende de los estudios realizados, los lóbulos frontales están relacionados con la reflexión y la regulación de la acción; los lóbulos parietales, con la percepción espacial y el intercambio de información entre el cerebro y el resto del cuerpo, los lóbulos temporales cumplen una variedad de complejas tareas perceptuales y los lóbulos occipitales guardan relación con la vista, el sentido dominante en el hombre y en otros primates.

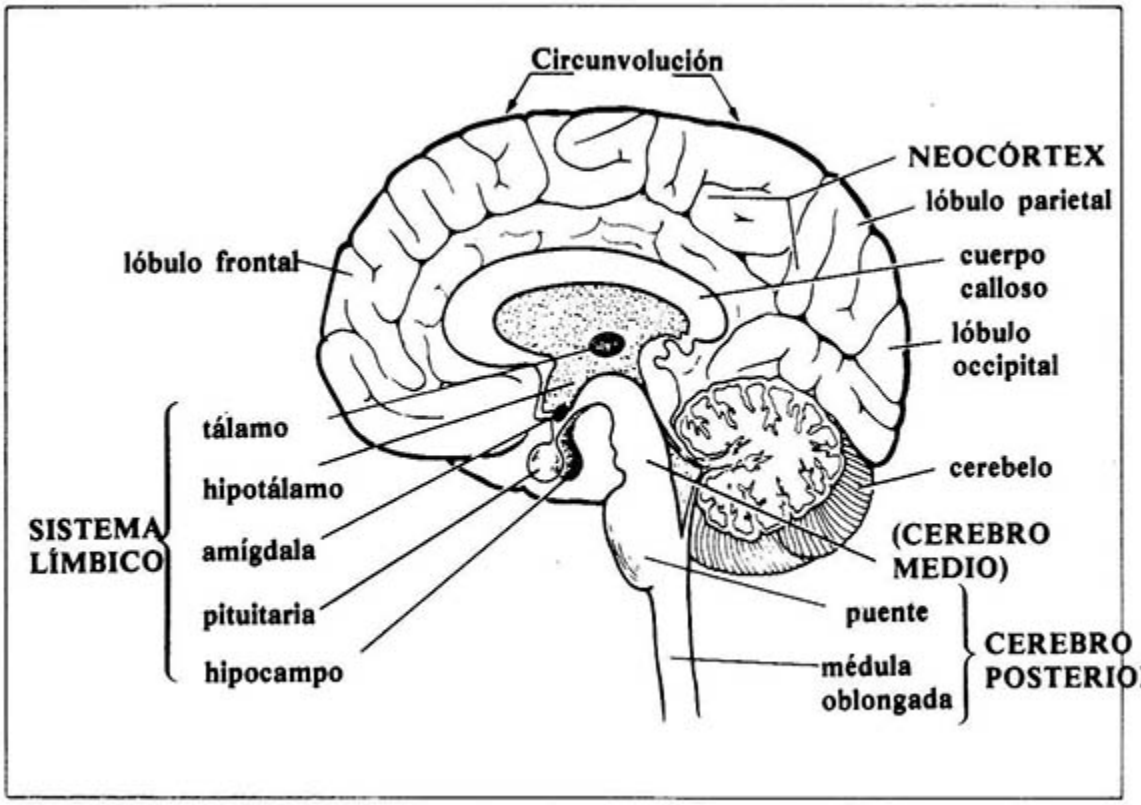


Ilustración 11. Corte lateral esquematizado del cerebro humano, en el que destaca el neocórtex, con un sistema límbico y un cerebro posterior más pequeños. No se aprecia el complejo-R.

Por espacio de muchas décadas la mayoría de neurofisiólogos han pensado que los lóbulos frontales, o sea la parte anterior de la corteza, albergan el mecanismo que nos permite anticiparnos y planear el futuro, facultades características del ser humano. Sin embargo, las últimas investigaciones llevadas a cabo demuestran que el panorama no es tan sencillo. El neurofisiólogo norteamericano Hans-Lukas Teuber, del Instituto Tecnológico de Massachusetts, ha investigado un gran número de casos de lesiones frontales, debidas sobre todo a heridas de guerra o por arma de fuego. Teuber descubrió que muchas lesiones del lóbulo frontal apenas tienen incidencia perceptible en la conducta del individuo afectado. De todas formas, en casos de lesiones muy graves del lóbulo frontal, aun cuando «el paciente no llega a perder del todo la facultad de anticiparse a los hechos futuros, no acierta a imaginarse a sí mismo como agente potencial en relación con ellos». Teuber subrayó que el lóbulo frontal pudiera estar relacionado tanto con la anticipación motora como con la

cognoscitiva, sobre todo a la hora de evaluar las posibles consecuencias de los movimientos voluntarios. Por otra parte, parece que el lóbulo frontal interviene también en el nexo entre visión y postura erecta y bípeda.

Así pues, los lóbulos frontales pueden intervenir en las funciones genuinas del ser humano de dos maneras distintas. Si regulan el sentido de anticipación del futuro, deben ser el emplazamiento obligado de los sentimientos de inquietud, los centros del ansia y la desazón. Esta es la razón de que el corte transversal del lóbulo frontal reduzca la ansiedad. Por otro lado, la lobotomía prefrontal puede mermar en gran manera la capacidad del hombre para comportarse como tal. El precio que pagamos por la previsión del futuro es la desazón que ello engendra. Sin duda, el augurio de una calamidad no resulta muy divertido. Poliana, con su optimismo desbordante, era mucho más dichosa que Casandra. Pero necesitamos de los componentes fatalistas de nuestra naturaleza para sobrevivir. Ellos fueron los artífices de una serie de doctrinas que aspiran en lo posible a interpretar el futuro y que han sido causa y origen de la ética, la magia, la ciencia y los códigos legales. La ventaja que procura el pronóstico de las catástrofes radica en la posibilidad de adoptar medidas para impedir que se produzcan, sacrificando las ganancias inmediatas en favor de unos beneficios a más largo plazo. Una sociedad que, como resultado de esta capacidad de anticipación, alcanza un alto nivel de seguridad material, genera el tiempo libre necesario para impulsar el progreso social y tecnológico.

Otra función que se supone corresponde al lóbulo frontal es la que permite adoptar la postura bípeda al hombre. Esta conformación vertical, erecta, del cuerpo no habría sido posible sin el previo desarrollo de los lóbulos frontales. Más adelante veremos con mayor detalle cómo el hecho de asentarnos sobre dos pies liberó nuestras manos y nos permitió manipular con ellas, lo que posteriormente abocaría en un notable acrecentamiento de los rasgos culturales y fisiológicos del hombre. Cabe decir, sin exagerar un ápice, que la civilización tal vez sea producto de la actividad de los lóbulos frontales.

La información visual llega al cerebro por conducto del ojo y se concentra primordialmente en el lóbulo occipital, a la altura de la coronilla,

mientras que las impresiones auditivas quedan localizadas en la capa superior del lóbulo temporal, bajo la sien. Existen indicios de que los diversos componentes del neocórtex están bastante menos evolucionados en los sujetos ciegos y sordomudos. Las lesiones del lóbulo occipital —como las que por ejemplo, produce una herida por arma de fuego— comportan con frecuencia una merma del campo visual. La víctima pude ser perfectamente normal en los demás aspectos, pero tendrá una visión periférica de los objetos, es decir, verá, frente a él, en el centro del campo visual normal, una densa mancha oscura. En otros casos se originan percepciones aún más extrañas, como las manchas movedizas de contornos geométricamente regulares que obstaculizan el campo y los «paroxismos visuales» en los que, a título de ejemplo, el paciente percibe momentáneamente los objetos que están a su derecha y en el suelo como flotando en el aire y a su izquierda, habiendo descrito un giro espacial de 180 grados. Incluso es posible determinar la parte del lóbulo occipital que regula determinada función visual mediante la estimulación sistemática de los obstáculos que interfieren el campo visual en base a diversas lesiones occipitales. El menoscabo de la visión tiene muchas menos posibilidades de convertirse en crónico tratándose de pacientes jóvenes, pues sus cerebros poseen la facultad de regenerarse por sí solos o de transferir funciones sin dificultad a otras regiones circundantes.

La facultad de conectar los estímulos auditivos con los visuales también se localiza en el lóbulo temporal. Las lesiones de esta región cerebral pueden manifestarse en forma de afasia que incapacita al sujeto afectado para captar la palabra hablada. Resulta notable y significativo que ciertos pacientes aquejados de lesiones cerebrales puedan expresarse oralmente sin dificultad pero sean incapaces de plasmar sus ideas por escrito, o a la inversa. Unas veces pueden escribir pero no leer y otras descifrar los números pero no las letras, o bien nombrar los objetos pero no los colores. En el neocórtex se da una marcada separación de funciones, lo que invalida el tópico de que leer y escribir, identificar palabras o números, son actividades muy afines. Se habla también —aunque no ha podido confirmarse— de lesiones cerebrales que impiden al sujeto comprender las frases en voz pasiva, las oraciones prepositivas, o las construcciones con

posesivos. (Tal vez un día descubramos que punto del cerebro regula el empleo del subjuntivo. ¿Resultará entonces que los latinos están sobremanera dotados y los anglosajones considerablemente mermados en lo que toca a esta pequeñísima porción de la anatomía cerebral?). Según parece, determinadas abstracciones, como, por ejemplo, las apartes gramaticales de la oración» se hallan «impresas» en regiones específicas del cerebro, hipótesis realmente asombrosa.

En un caso clínico sorprendente, una lesión del lóbulo temporal impedía al paciente reconocer las caras de la gente, incluso de las personas más allegadas. Al serle mostrado el rostro de un individuo en la página opuesta a la que estaba examinando, dijo que «posiblemente» se trataba de una manzana. Incitado a que justificase esta interpretación, identificó la boca como una incisión en el fruto, la nariz como el rabillo doblado sobre la superficie y los ojos como dos agujeros o picaduras de gusano. El mismo paciente, podía, en cambio, identificar sin dificultad esbozos de casas y otros objetos inanimados. Un amplio capítulo de experimentos muestra que las lesiones del lóbulo temporal derecho producen amnesia en cuanto a ciertas manifestaciones de índole no verbal, en tanto que las lesiones del lóbulo temporal izquierdo originan una característica pérdida de memoria del lenguaje hablado.

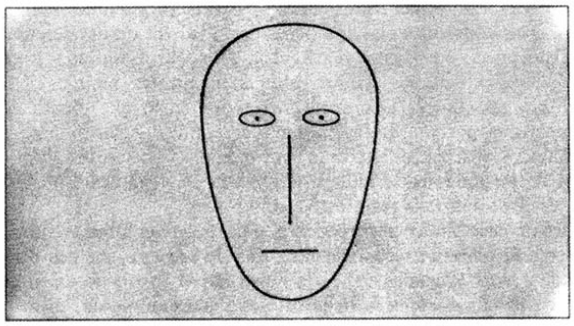


Ilustración 12. Rostro descrito por un paciente como una manzana. (O, desde otro ángulo: manzana descrita por un médico como una cara). Según Teuber.

Nuestra capacidad para leer y levantar mapas, para orientarnos en el espacio tridimensional y valernos de los símbolos pertinentes —facultades que a buen seguro intervienen, si no en su uso, en la elaboración del lenguaje—, queda seriamente afectada por las lesiones del lóbulo parietal, ubicado cerca de la coronilla, detrás y por encima de la cisura central. Un

soldado que sufrió un profundo desgarro del lóbulo parietal a causa de una herida de guerra estuvo todo un año sin poder orientar los pies para calzarse las zapatillas y menos todavía encontrar el camino de cama en la sala del hospital. Sin embargo, terminó por recuperarse casi totalmente.

Una lesión de la circunvolución angular del neocórtex, en el lóbulo parietal, engendra alexia, o sea, incapacidad para descifrar la escritura. A lo que parece, el lóbulo parietal interviene en todo lo relacionado con el lenguaje simbólico del hombre. De todas las lesiones cerebrales, las del lóbulo parietal son las que provocan mayor deterioro intelectivo si nos atenemos a las actividades de la vida cotidiana.

Entre las manifestaciones del pensamiento abstracto radicadas en el neocórtex del hombre destacan los lenguajes simbólicos, en especial la lectura, la escritura y la matemática, que parecen requerir la cooperación conjunta de los lóbulos temporal, parietal y frontal, y hasta quizá del occipital. Sin embargo, no todos los lenguajes simbólicos se localizan en las regiones neocorticales. Las abejas, en las que no existe la menor traza de neocórtex, poseen un complicado lenguaje inspirado en movimientos al modo de una danza. Karl von Frisch, entomólogo austríaco, descubrió que con sus evoluciones las abejas se comunicaban datos acerca de la distancia y dirección de la fuente de alimentos. Se trata de un lenguaje gestual que reproduce, exagerándolos, los movimientos reales de la abeja cuando va en busca de alimento. Es como si nosotros nos encaminásemos hacia el refrigerador y deteniéndonos en seco nos restregásemos el vientre y dejáramos colgar la lengua. Pero los vocabularios de tales lenguajes son en extremo reducidos; a lo sumo de unas docenas de palabras. El aprendizaje que experimentan los adolescentes durante el largo período de la niñez parece ser una función casi exclusiva del neocórtex.

Si bien casi todo el proceso olfativo radica en el sistema límbico, una pequeña parte del mismo se produce en el neocórtex. La misma división de funciones parece ser aplicable a la memoria. Como ya he dicho, además de la corteza olfativa, una de las partes primordiales del sistema límbico, es la corteza del hipocampo. Si se extirpa la corteza olfativa, los animales todavía pueden percibir los olores, aunque con mucha menos intensidad, lo que viene a demostrar una vez más que en el cerebro se da una redundancia

de funciones. Existen indicios de que, en el hombre actual, la memoria olfativa «efímera» reside en el hipocampo. Puede que, originariamente, la función del mismo fuera tan sólo la retención momentánea de los olores, lo que sería de utilidad, por ejemplo, para seguir el rastro de una presa o para localizar a un individuo del sexo opuesto. Pero, en el hombre, una lesión bilateral del hipocampo constituye, como en el caso de H. M., un serio menoscabo de todo tipo de memoria «efímera». Los pacientes que sufren este tipo de lesiones olvidan sus experiencias, sin exagerar un ápice, a los pocos segundos. Es evidente que tanto el hipocampo como los lóbulos frontales tienen incidencia en la memoria efímera del ser humano.

Una de las muchas e interesantes consecuencias que se derivan de este hecho es que tanto la memoria efímera como la duradera se localizan mayormente en distintas porciones del cerebro. Parece que los reflejos condicionados —como los clásicos de los perros de Pavlov, que segregaban saliva al toque de una campaña— se hallan localizados en el sistema límbico. Se trata ciertamente de una memoria duradera, pero de un género muy restringido. La auténtica y compleja retentiva propia del ser humano se halla emplazada en el neocórtex, lo que se corresponde con la aptitud del hombre para planear y anticiparse al futuro. Conforme vamos envejeciendo solemos olvidar cosas que a veces acabamos de oír, en tanto somos capaces de recordar con claridad y exactitud sucesos de nuestra infancia. En tales casos poco tienen que ver la memoria efímera o la memoria duradera. La dificultad reside en el acarreo de nuevo material a la memoria duradera. Penfield estimaba que esta merma de posibilidades era producto de la falta de irrigación del hipocampo en la edad senil, bien a causa de una arteriosclerosis bien por otros impedimentos fisiológicos. Así pues, las personas ancianas —y otras que no lo son tanto— pueden tener serias dificultades para acumular datos en la memoria efímera sin que por ello se resienta ni su vitalidad ni su inteligencia[8]. Este fenómeno muestra también la neta distinción entre memoria efímera y retentiva duradera, congruente con su localización en distintas partes del cerebro. Las camareras de los restaurantes de cocina rápida son capaces de recordar un impresionante número de datos, que luego transmiten correctamente a la cocina. Sin embargo, al cabo de una hora han olvidado todos los detalles ya que tal

información se había almacenado únicamente en el área de la memoria efímera sin que mediara esfuerzo alguno para transferirla a la memoria duradera.

La mecánica de rememoración puede llegar a ser muy compleja. Muchas veces tratamos de evocar una palabra, un nombre, una cara, una experiencia del pasado sin conseguirlo, por más que nos esforzamos; la memoria se niega a suministrarnos el dato solicitado. Pero si acudimos a la evocación indirecta, rememorando algún detalle afín o marginal al objeto central de nuestra búsqueda, a menudo surge espontáneo el detalle que en vano tratábamos de recordar. (Algo parecido ocurre con el ojo humano). Cuando miramos directamente a un objeto de luz tenue —una estrella, por ejemplo— entra en juego la fóvea, es decir la parte de la retina donde la agudeza visual alcanza su máximo y en donde hay más abundancia de las células llamadas conos. Pero si apartamos levemente los ojos del objeto, o, por decirlo de otro modo, lo contemplamos de soslayo o con el rabillo del ojo, provocamos la intervención de los llamados bastoncillos, unas células sensibles a la débil luminosidad y, en consecuencia, capaces de percibir la estrella de luz tenue. Sería interesante averiguar por qué el pensamiento indirecto activa el mecanismo de recordación. Puede que se deba a la simple conexión con el cauce recordatorio a través de otra senda neural. Pero ello no indica la existencia de una dinámica cerebral más efectiva.

Todos estamos familiarizados con la experiencia del brusco despertar de un sueño poblado de imágenes vividas, escalofriantes, premonitorias o destacables por otros conceptos, mientras nos decimos; «Ciertamente recordaré *este* sueño por la mañana»; y al día siguiente despertamos sin la menor idea del contenido del sueño o, a lo sumo, con leves trazos de tono emocional. Por otra parte, si el sueño me inquieta lo suficiente como para despertar a mi mujer en mitad de la noche y contárselo, por la mañana no tengo dificultad alguna en recordarlo. Asimismo, si me tomo la molestia de anotar lo que acabo de soñar, al día siguiente me acuerdo perfectamente de todos los detalles sin necesidad de consultar las notas. Otro tanto cabe decir, por ejemplo, cuando se trata de memorizar un número de teléfono. Si me dan un número y quiero grabarlo en la mente, lo más probable es que acabe olvidándolo o equivocando alguna cifra; pero si repito el número en voz

alta o lo escribo en un papel, puedo recordarlo perfectamente. Ello significa sin duda que hay en nuestro cerebro una zona que retiene el sonido y la imagen, pero no el pensamiento puro. Me pregunto si este tipo de memoria se configuró antes de que nuestra mente albergara demasiados pensamientos, cuando era más importante recordar el silbo de un reptil amenazante o la sombra de un halcón lanzándose en picado sobre su presa que nuestras ocasionales reflexiones filosóficas.

ACERCA DE LA NATURALEZA HUMANA

A pesar de la misteriosa localización de funciones en el modelo de cerebro «trino», quiero señalar una vez más que no cabe hablar de una estricta separación de funciones so pena de simplificar en exceso la cuestión. Es indiscutible que en el hombre tanto el comportamiento ritual como el de carácter emotivo están fuertemente influenciados por el razonamiento abstracto de origen neocortical. Se han expuesto demostraciones analíticas acerca de la validez de convicciones puramente religiosas y se han aducido argumentos filosóficos para justificar el comportamiento jerarquizado, como puede ser la «demostración» de Thomas Hobbes sobre el hipotético derecho divino que asiste a los monarcas. De la misma manera, animales que nada tienen que ver con el hombre —y hasta algunos que ni siquiera pertenecen al orden de los primates— parecen estar en posesión de cierta capacidad de análisis. Esta es la impresión que decididamente me producen los delfines, como ya expuse en mi libro *The cosmic connection*.

Sin embargo, a la vez que conviene retener estas puntualizaciones, creemos que es útil una primera aproximación que considere que los aspectos rituales y jerárquicos de nuestras vidas están muy influenciados por el complejo R y que ambos son también patrimonio de nuestros antepasados reptiloides; que los rasgos altruistas, emocionales y religiosos de nuestras vidas se hallan localizados en buena medida en el sistema límbico, y que los compartimos con nuestros ascendientes mamíferos no pertenecientes al orden de los primates, y hasta es posible que con las aves;

y que el intelecto o la razón es una función del neocórtex que en cierto grado compartimos con los primates superiores y con cetáceos como los delfines y las ballenas. Si bien la conducta ritual, las emociones y la función discursiva son todos ellos aspectos muy significativos de la naturaleza humana, cabe afirmar que el rasgo más específico del hombre es su capacidad de raciocinio y formulación de abstracciones. La curiosidad y el afán de resolver dilemas constituyen el sello distintivo de nuestra especie. Por otra parte, las actividades que mejor identifican al hombre como ser pensante son las matemáticas, la ciencia, la técnica, la música y las artes, una gama de temas algo más amplia de lo que normalmente se incluye bajo el epígrafe de las «humanidades». Ciertamente, tomado en su acepción más comente, este término refleja una singular estrechez de miras acerca de lo genuinamente humano. La matemática entra en el capítulo de las humanidades con el mismo derecho que la poesía. Por lo demás, las ballenas y los elefantes pueden ser tan «humanos» como el hombre.

El modelo de cerebro trino deriva de los estudios realizados sobre el comportamiento y la neuroanatomía comparados. Sin embargo, la especie humana no desconoce el análisis introspectivo veraz y genuino, y si el modelo de cerebro trino es exacto cabe esperar que hallemos algún indicio de su existencia en la historia del empeño humano por conocerse a sí mismo. La hipótesis más conocida y que recuerda hasta cierto punto la del cerebro trino es la división que establece Sigmund Freud del psiquismo humano al clasificarlo en las categorías del *ello*, el *ego* y el *superego*. Los aspectos relacionados con la agresividad y la sexualidad que hallamos en el complejo R corresponden satisfactoriamente a la descripción que Freud nos ofrece del *ello* (por ejemplo, la condición animal de nuestra naturaleza). Pero por lo que a mí se me alcanza, en su definición del *ello* Freud no da excesiva preponderancia a los aspectos rituales o sociojerárquicos del complejo R. El psicólogo vienés habla de las emociones —en particular la «experiencia oceánica», que viene a ser el equivalente freudiano de la epifanía religiosa como una función del *ego*—. Sin embargo, no presenta al *superego* como el emplazamiento básico del razonamiento abstracto, sino más bien como elemento de absorción de las constricciones sociales y familiares, que en el caso del cerebro trino sospechamos constituyen ante

todo una función del complejo R. Por todo ello me veo obligado a considerar que la mente tripartita que propone el psicoanálisis presenta escasas concomitancias con el modelo del cerebro trino.

Ilustración 13. Mosaico II, obra de M. C. Escher.

Tal vez una metáfora más válida sea la división de la mente que efectúa Freud al hablar de lo consciente, lo preconsciente, es decir, de lo que permanece latente pero que es aprehensible, y del inconsciente, o sea, todo lo que por estar reprimido escapa a un primer análisis. Cuando Freud dijo, refiriéndose al hombre, que «su capacidad para contraer neurosis es simplemente el anverso de su capacidad para progresar en el orden cultural», el científico estaba pensando en la tensión que existe entre los diversos componentes de la psique. Freud llamó a las funciones del inconsciente «procesos primarios».

La alegoría de la psique contenida en *Fedro*, el diálogo platónico, encierra una concordancia de orden superior. Sócrates compara el alma humana a un carro tirado por dos caballos, uno blanco y otro negro, que empujan en distintas direcciones y a los que el auriga apenas acierta a dominar. La metáfora del carro y del auriga se asemeja notablemente a la noción de armazón neural que propone MacLean. Los dos caballos representan el complejo R y la corteza límbica, mientras que el auriga que

apenas puede controlar las sacudidas del carro y el galope de los caballos equivale al neocórtex. Freud, utilizando otra metáfora, habla del *ego* como de un jinete que monta un potro desbocado. Tanto la alegoría freudiana como la platónica ponen de relieve la considerable independencia y la tensión existente entre las partes constitutivas de la psique, rasgo que caracteriza al ser humano como tal y del que nos ocuparemos más adelante. Debido a las conexiones neuroanatómicas entre los tres componentes, el cerebro trino, al igual que el carro de *Fedro*, también podría ser tomado como una metáfora. En todo caso, es muy probable que resulte ser una metáfora de considerable hondura y utilidad.

4

EL EDÉN COMO METÁFORA: LA EVOLUCIÓN DEL HOMBRE

«Entonces no te sentirás perdido al tener que abandonar este paraíso, sino que poseerás un paraíso dentro de ti, mucho más dichoso…
Cogidos de la mano, lentamente y con paso vacilante, salieron del Edén y emprendieron su solitario camino».

JOHN MILTON, *El Paraíso perdido*

«¿Por qué abandonaste las sendas holladas por el hombre y prematuramente, con escasas fuerzas pero con ánimo valeroso, osaste enfrentarte al dragón indómito en su guarida?
Indefenso como estabas, ¡ay!, ¿dónde se ocultaba la sensatez, ese escudo espejado…?»

PERCY B. SHELLEY, *Adonais*

Habida cuenta su superficie externa, los insectos son muy livianos de peso. Una abeja lanzada desde gran altura alcanza enseguida su velocidad punta. La resistencia del aire impide que se precipite con excesiva violencia, y de allí que después de caer al suelo observemos que se aleja por sus propios medios sin mayores contratiempos. Otro tanto puede decirse de los pequeños mamíferos, como por ejemplo las ardillas. Un ratón puede ser arrojado a un pozo de mina de unos trescientos metros de profundidad y si el terreno es blando llegará al fondo aturdido pero esencialmente indemne. Por el contrario, el ser humano puede quedar tullido o perder la vida si se precipita de una altura que exceda los cuatro metros; dada nuestra talla, pesamos demasiado en proporción a la superficie externa de nuestro cuerpo. Por consiguiente, nuestros antepasados arborícolas tenían que proceder con mucha cautela ya que cualquier error al columpiarse de rama en rama podía resultarles fatal. Cada salto constituía una oportunidad de cara a la evolución de la especie. Poderosas fuerzas selectivas entraban en juego para engendrar organismos gráciles y ligeros, dotados de visión binocular, múltiples aptitudes manipulativas, magnífica coordinación entre el órgano de la vista y las manos y una captación intuitiva de la gravitación newtoniana. Cada una de estas facultades requirió sustanciales progresos en la evolución del cerebro y, muy en especial, de las neocortezas de nuestros antepasados. El intelecto humano lo debe esencialmente todo a los millones de años que nuestros antecesores pasaron en solitario colgados de los árboles.

Cabe preguntarse si una vez de regreso al llano y a la sabana, lejos de los árboles, echamos de menos los majestuosos y formidables saltos y el éxtasis de la ingravidez bajo los rayos solares que se filtraban por la techumbre arbórea. ¿Tiene el reflejo de temor en el niño de hoy la misión de impedir que caiga de la copa de un árbol? ¿Hay en nuestras ensoñaciones nocturnas de extraños vuelos y en el afán de surcar los cielos que siente el hombre, como nos muestran los casos

de Leonardo da Vinci o de Konstantin Tsiolkovskii, reminiscencias nostálgicas de los días transcurridos en las ramas de los corpulentos árboles de la selva[9]?

Otros mamíferos, incluso algunos no pertenecientes ni al orden de los primates ni al de los cetáceos, poseen neocortezas cerebrales. Interesa, sin embargo, preguntarse cuándo se produjo la primera gran mutación del neocórtex. Aunque ninguno de los simios de los que descendemos está presente entre nosotros para aclararnos este punto, podemos responder a la cuestión, o por lo menos intentarlo, recurriendo al examen de los cráneos fósiles. En el hombre, en los antropoides y en los monos, así como en otros mamíferos, el cerebro ocupa casi por completo la cavidad craneal, lo cual no ocurre, por ejemplo, en los peces. En consecuencia, si sacamos el molde de un cráneo, podemos determinar lo que se conoce como el volumen endocraneal de nuestros antepasados directos y colaterales al tiempo que efectuar estimaciones aproximadas del volumen de sus cerebros.

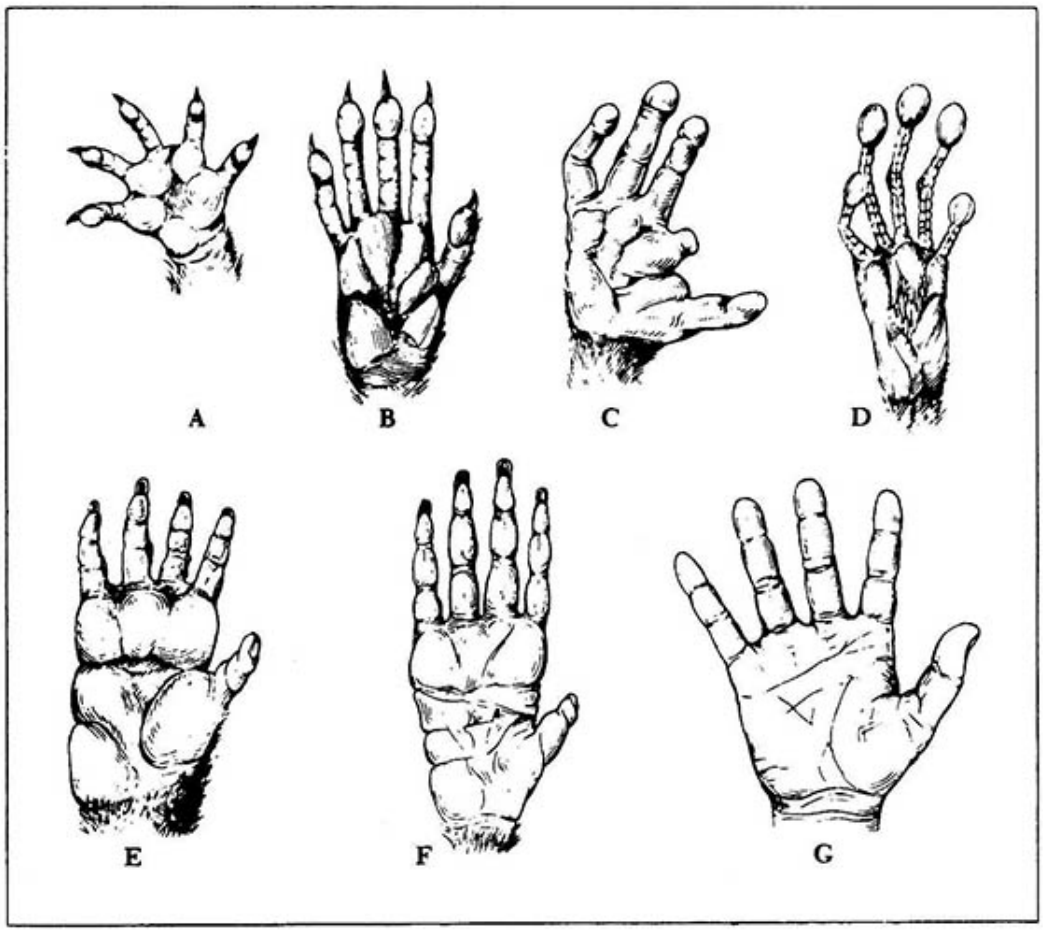


Ilustración 14. Las manos de los animales están adaptadas a su forma de vida, y a la inversa. En la figura se muestran los apéndices de A) el opósum, B) la tupaya, C) el potto (primate del África Occidental), D) el *tarsius* (tarsero), E) el babuino (la parte del apéndice que sirve a la vez de mano y de pie), F) el orangután, adaptado a la función braquial, G) el hombre, dotado de un pulgar oponible y relativamente largo.

A estas alturas los paleontólogos todavía no se han puesto de acuerdo sobre quiénes son los verdaderos antecesores del hombre, y apenas transcurre un año sin que aparezca el fósil de un cráneo asombrosamente parecido al del hombre actual mucho más antiguo de lo que hasta ahora se creía posible. Lo que sí parece cierto es que hará unos cinco millones de años abundaban los animales de apariencia antropoide, como los gráciles australopitecos, que caminaban sobre dos patas y cuyo volumen cerebral era de unos 500 c.c., es decir unos cien centímetros cúbicos más que el cerebro de un chimpancé de nuestros días. Sobre la base de estos indicios, los paleontólogos han llegado a la conclusión de que «el bipedalismo precedió a la encefalización», con lo que se quiere significar que nuestros antecesores caminaron sobre dos patas antes de contar con un cerebro de buen tamaño.

Hace tres millones de años existía gran variedad de criaturas bípedas con una amplia gama de volúmenes craneales, algunos muchísimos mayores que el del australopiteco grácil del África oriental que viviera unos pocos millones de años antes. Uno de ellos, al que L. S. B. Leakey —el conocido antropólogo anglokeniata que tanto ha estudiado al hombre primitivo— denominó *homo habilis*, poseía un volumen cerebral de unos 700 centímetros cúbicos. La arqueología nos proporciona también indicios de que el *homo habilis* fabricaba herramientas. El primero que avanzó la idea de que el empleo de herramientas constituye a la vez causa y efecto del caminar sobre dos piernas, con la consiguiente liberación de las manos, fue Charles Darwin. El hecho de que cambios de conducta tan significativos vayan acompañados por otros igualmente significativos en el volumen cerebral no demuestra que lo uno sea la causa de lo otro. Sin embargo, nuestro comentario anterior hace que este vínculo causal aparezca como muy probable.

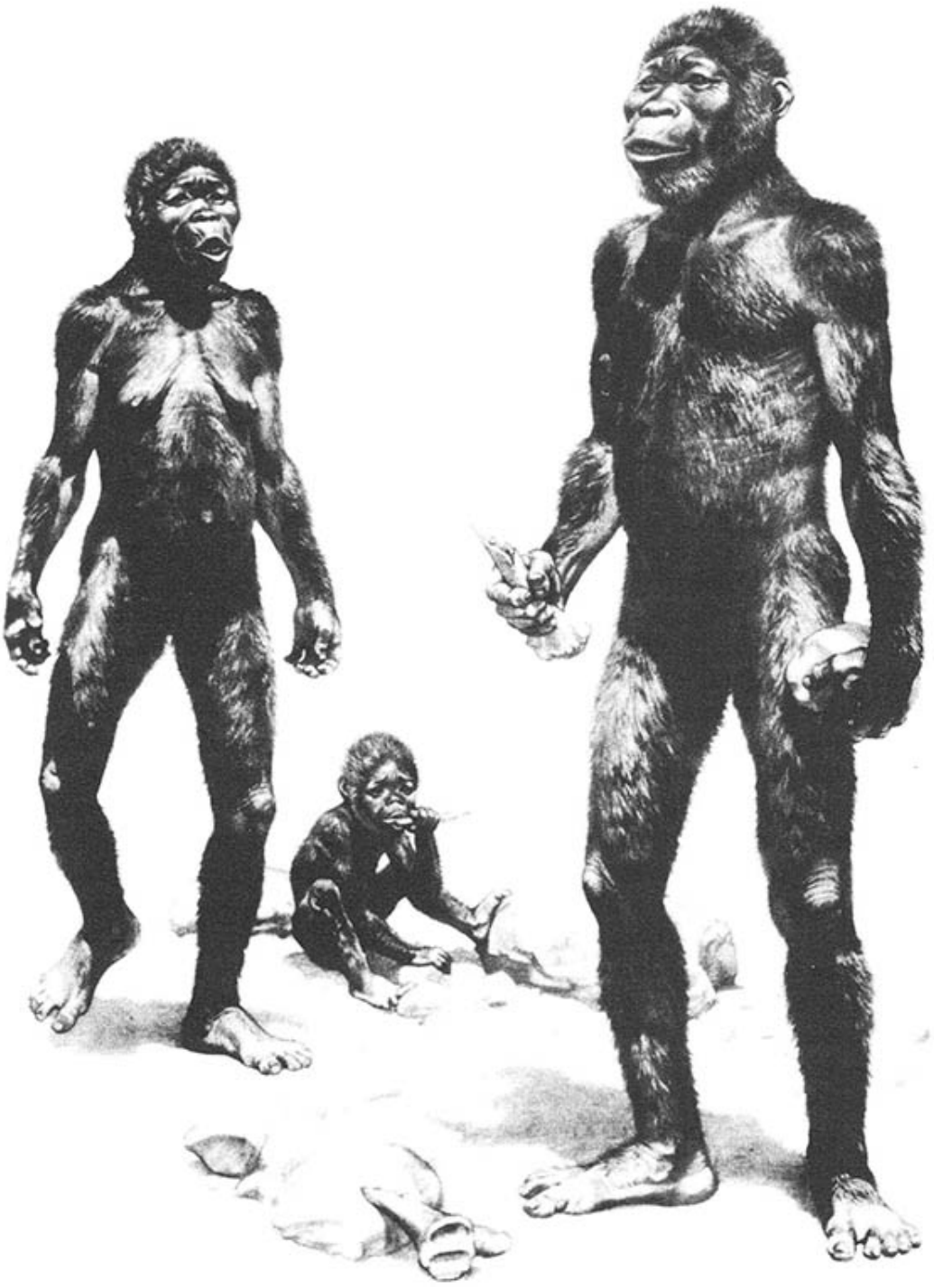


Ilustración 15. Una familia de australopitecos gráciles hace cinco millones de años.

La tabla 4 resume el tema de los restos fósiles, tal como lo conocíamos en 1976, acerca de nuestros más recientes antepasados y parientes colaterales. Las dos clases distintas de australopitecos halladas hasta ahora no pertenecían al género *homo*; no eran hombres, sino bípedos todavía incompletos cuya masa

cerebral equivalía tan sólo a una tercera parte de la que ostenta hoy por término medio el hombre adulto. Suponiendo que nos encontráramos con un australopiteco, digamos en el metro, tal vez lo que más nos llamaría la atención sería la casi ausencia total de frente. Era el menos evolucionado de los antropoides. Existen marcadas diferencias entre las dos clases de australopitecos. La especie robusta era de más envergadura y mayor peso, con una dentadura más poderosa y una notable estabilidad evolutiva. El volumen endocraneal de un *a. robustus* varía muy poco de un espécimen al otro a lo largo de millones de años. Volviendo de nuevo a los australopitecos gráciles y basándonos una vez más en su dentadura podemos presumir que comían carne y también vegetales. Eran de menor envergadura que el hombre y más flexibles, como su nombre indica. Sin embargo, son considerablemente más viejos y presentan mucha más variación en cuanto al volumen endocraneal que sus robustos primos. Y, lo que es más importante, la ubicación de los restos del australopiteco grácil se halla asociada al hallazgo de lo que reviste todo el carácter de un oficio: la fabricación de útiles de piedra y de huesos, cuernos y dientes de animales tallados meticulosamente, partidos, frotados y pulimentados para conseguir herramientas de corte y bruñido o de útiles para triturar y machacar. En cambio no se han encontrado herramientas asociadas a los restos fósiles del *a. robustus*. La proporción entre el peso del cerebro y la masa del cuerpo en la especie grácil es de casi el doble que en la especie robusta, por lo que resulta lógico preguntarse si este factor es el que marca la diferencia entre la aptitud para construir herramientas o la incapacidad para ello.

TABLA 4. ANTEPASADOS DIRECTOS Y PARIENTES COLATERALES MODERNOS DEL HOMBRE

Especie	*Primer espécimen*	*Volumen endocraneal*	*Estatura y peso*	*Proporción masa cerebro/cuerpo*	Comentario
Australopithecus robustus (se incluyen el Paranthropus y el Zinjanthropus)	3,5 m. de a.	500-550 cc.	1,5 m 40-60 Kg	~ 90	Poderoso aparato masticatorio; cresta sagital; probablemente vegetariano rígido; bípedo

					imperfecto; ausencia de frente; hábitat: bosque y monte bajo. No asociado con herramienta alguna.
Australopithecus africanus (australopiteco grácil)	6 m. de a.	430-600 c.c.	1-1,25 m 20-30 Kg	~ 50	Caninos e incisivos más poderosos; probablemente omnívoros; bípedo imperfecto; frente incipiente; hábitat: zona de bosque y matorral. Útiles de piedra y hueso.
Homo habilis	3,7 m. de a.	500-800 c.c.	1,2-1.4 m 30-50 Kg	~ 60	Frente prominente. Claramente omnívoro. Bípedo completo. Hábitat: sabana. Útiles de piedra. Posible constructor de habitáculos.
Homo erectus (Pitecántropo)	1,5 m. de a.	750-1250 c.c.	1.4-1,8 m 40-80 Kg	~ 65	Frente prominente. Claramente omnívoro. Completamente

					bípedo. Hábitat vano. Diversidad de herramientas de piedra. Invención del fuego.
Homo sapiens	0,2 m. de a.	1100-2200 c.c.	1.4-2 m 40-100 kg	~ 45	Frente prominente. Claramente omnívoro. Completamente bípedo. Hábitat global. Herramientas de piedra y metal. Material químico, electrónico y nuclear.

Aproximadamente por la época en que surge el *a. robustus* apareció un nuevo animal, el *homo habilis*, al que cabe considerar como el primer hombre genuino. Tanto en el aspecto corporal como en lo relativo al peso del cerebro, era más desarrollado que los dos tipos de australopitecos, y la proporción entre su masa cerebral y peso del cuerpo era aproximadamente la misma que la detectada entre los australopitecos gráciles. Apareció en una época en que por razones climáticas la tierra se iba desforestando. El *homo habilis* habitaba en las vastas sabanas africanas, un medio sobremanera estimulante poblado por una enorme variedad de depredadores y presas. En estas llanuras de matorral aparecieron tanto el primer hombre con los rasgos actuales como el primer caballo según hoy lo conocemos. Fueron, por así decirlo, casi coetáneos.

En los últimos sesenta millones de años se ha producido una incesante evolución de los ungulados, como registran perfectamente los restos fósiles, proceso que culminó en el caballo actual. El *eohipos* o «caballo de la aurora» de hace cincuenta millones de años era poco más o menos del tamaño de un perro pastor escocés, con un volumen cerebral de unos veinticinco centímetros cúbicos

y una proporción entre masa cerebral y peso corporal de aproximadamente, la mitad de la de un mamífero contemporáneo de tamaño equivalente. Desde entonces los caballos han experimentado una fantástica transformación tanto en el tamaño absoluto como relativo del cerebro, incorporando notables innovaciones en el neocórtex y muy en especial en los lóbulos frontales, evolución acompañada ciertamente por notables incrementos en el grado de inteligencia equina. Me pregunto si el progreso paralelo de la inteligencia en el caballo y en el hombre tiene una causa común. ¿Necesitaban los caballos, por ejemplo, tener ligereza de cascos, sentidos muy finos e inteligencia despierta para escapar de los depredadores que acechaban tanto a los primates como a los equinos?

Ilustración 16. La sabana del África oriental cerca del paso de Olduvai hace unos millones de años. A la derecha del dibujo, en primer plano, se distinguen tres homínidos, tal vez australopitecos. o especímenes de *Homo habilis*. El volcán en activo que se divisa al fondo corresponde al actual monte Ngorongoro.

El *homo habilis* tenía una frente amplia lo que sugiere un notable desarrollo de las zonas neocorticales de los lóbulos frontal y temporal así como de las regiones cerebrales, aspecto del que trataremos más adelante. Dicho desarrollo parece guardar relación con la facultad del habla. En el supuesto de que llegáramos a tropezarnos con un *homo habilis* vestido a la última moda en el bulevar de una metrópoli moderna, posiblemente nos limitaríamos a echarle un rápido vistazo, y ello quizá sólo en razón de su corta estatura. En conexión con el *homo habilis* se han encontrado una gran variedad de herramientas muy

perfeccionadas. Además, tomando como base algunas disposiciones circulares de piedras existen motivos para suponer que el *homo habilis* construía sus propios habitáculos, y que mucho antes de las épocas glaciares del pleistoceno, mucho antes de que los hombres vivieran habitualmente en las cavernas, el *homo habilis* ya construía viviendas al descampado, probablemente de madera, junco, hierba y piedra.

Dado que el *homo habilis* y el *a. robustus* hicieron su aparición casi al mismo tiempo, es muy improbable que el uno fuera antepasado del otro. Los australopitecos gráciles coexistían con el *h. habilis*, pero la especie de los primeros se había originado mucho tiempo antes. Por lo tanto, es posible, aunque en modo alguno quepa afirmarlo con seguridad, que tanto el *h. habilis*, con un futuro evolucionista prometedor, como el *a. robustus*, un ser llegado al límite de su evolución, surgieran del grácil *a. africanus*, que sobrevivió el tiempo suficiente como para ser contemporáneo de ambos.

El primer hombre cuyo volumen endocraneal coincide con el del hombre actual es el llamado *homo erectus*. Desde hacía muchos años los principales especímenes de *h. erectus* se hallaban ubicados en China y se estimaba que tenían cerca de medio millón de años. Sin embargo, en 1976, Richard Leakey, director de los Museos Nacionales de Kenya, dio cuenta del hallazgo de un cráneo casi completo de *h. erectus* en unos estratos geológicos con un millón y medio de años de antigüedad. Habida cuenta de que los especímenes de *h. erectus* hallados en China están claramente asociados a residuos de fogatas, es posible que nuestros antepasados conociesen el uso del fuego desde hacía mucho más de un millón y medio de años, lo que desplaza la figura de Prometeo a tiempos mucho más pretéritos de cuanto se pensaba.

Quizá el aspecto más notable de los hallazgos arqueológicos de útiles y herramientas es que aparecen desde el principio en gran cantidad. Uno tiene la impresión de que un inspirado *a. grácil* descubrió el uso de las herramientas e inmediatamente empezó a enseñar la técnica de su construcción a parientes y amigos. No hay modo de explicar la intermitente aparición de útiles de piedra, salvo en el caso de que los australopitecos contaran con instituciones educacionales. Forzosamente tuvo que existir una especie de comunidad o hermandad de artesanos de la piedra que transmitiera a las sucesivas generaciones sus preciosos conocimientos sobre la fabricación y el uso de las herramientas, conocimientos que en última instancia llevarían a los débiles y casi indefensos primates al dominio del planeta Tierra. Lo que no es posible determinar es si el género *homo* inventó por su cuenta las herramientas o

aprovechó alguna técnica de construcción concebida por el género *australopithecus*.

Consultando la tabla antedicha observamos que la proporción entre cerebro y masa corpórea es aproximadamente la misma para los *a. gráciles*, el *h. habilis*, el *h. erectus* y el hombre actual. En consecuencia, no es posible explicar los progresos realizados en los últimos millones de años atendiendo a la mera proporción entre masa cerebral y masa corpórea, sino más bien tomando en cuenta el incremento total de la masa cerebral, la especialización perfeccionada de nuevas funciones, un aumento en la complejidad de la estructura cerebral y, muy especialmente, el aprendizaje extrasomático.

L. S. B. Leakey puso de relieve que la crónica fósil de hace unos pocos millones de años refleja la existencia de una gran variedad de especies antropomorfas, muchas de las cuales aparecen con agujeros o fracturas en el cráneo. Es posible que algunas de estas heridas fuesen infligidas por leopardos o hienas, pero Leakey y el anatomista sudafricano Raymond Dart estaban convencidos de que muchas de ellas fueron causadas por nuestros antecesores. Es casi seguro que durante el plioceno y el pleistoceno existió una intensa rivalidad entre muchas formas antropoides, de las que sólo sobrevivió un tronco: el de los que dominaban el uso de los útiles y herramientas, el tronco que desemboca en el hombre actual. Queda sin resolver la cuestión del papel que desempeñaron las matanzas en el cuadro de estas rivalidades. Los australopitecos gráciles caminaban erectos, eran ágiles, veloces y medían tres pies y medio de altura es decir, eran individuos de «estatura enana». A veces me pregunto si las leyendas en torno a gnomos, gigantes y enanos no serán una remembranza genética o cultural de esos remotos tiempos.

* * *

A la vez que el volumen craneal de los homínidos sufría este incremento espectacular, sobrevino otra transformación asombrosa de la anatomía humana. Tal y como ha observado el anatomista británico Sir Wilfred Le Gros Clark, de la Universidad de Oxford, se produjo una remodelación total de la pelvis. Con toda probabilidad se trató de una adaptación para facilitar el parto de la generación de individuos dotados de una consistente masa cerebral. Si en la actualidad se produjera otro agrandamiento sustancial de la banda pélvica en la región del

conducto natal, las mujeres verían muy dificultada la tarea de caminar. (Al nacer, las niñas poseen una pelvis y una abertura ósea mucho más grande que la de los niños; al llegar a la pubertad, la pelvis de la adolescente vuelve a sufrir un notable agrandamiento). La aparición paralela de estas dos efemérides evolucionistas ilustra fehacientemente cómo opera la selección natural. Las madres que habían heredado pelvis dilatadas pudieron engendrar criaturas dotadas de cerebros grandes que una vez llegadas al estado adulto y a causa de su intelecto superior competían ventajosamente con la descendencia, menos dotada cerebralmente, alumbrada por madres con una abertura pélvica más reducida. En los tiempos pleistocénicos el individuo que poseía un hacha de piedra era quien tenía más probabilidades de salir victorioso en una disputa. Y lo que es más importante, era mejor cazador. Pero la invención y la construcción ininterrumpida de hachas de piedra exigía mayores volúmenes cerebrales.

Que yo sepa, el alumbramiento es normalmente doloroso en una sola de los millones de especies animales que pueblan la tierra: la del ser humano. Posiblemente ello sea consecuencia del reciente e incesante incremento de la capacidad craneal. El cráneo de los hombres y mujeres de nuestros días posee doble capacidad que el cráneo del *h. habilis*. El alumbramiento es doloroso porque la evolución del cráneo humano ha sido espectacularmente rápida y reciente. El anatomista norteamericano C. Judson Herrick aludió al desarrollo del neocórtex en los siguientes términos: «Su formidable crecimiento en la última fase filogenética constituye uno de los ejemplos más llamativos de transformación evolutiva que conoce la anatomía comparada». El cierre incompleto del cráneo al nacer, la hendidura de la cubierta ósea llamada fontanela, es con toda probabilidad una adaptación imperfecta a esta reciente evolución del cerebro.

En el libro del Génesis hallamos una insólita explicación del nexo entre la evolución de la inteligencia y el dolor del parto. Como castigo por comer la fruta del árbol del conocimiento del bien y del mal, Dios dice, a Eva[10]: «Parirás con dolor» (Génesis 3,16). Es interesante hacer notar que Dios no prohíbe la adquisición de todo tipo de conocimiento, sino, de manera específica, el conocimiento de la diferencia entre el bien y el mal, es decir, los juicios abstractos y morales, que de residir en alguna parte del cerebro se ubicarían en el neocórtex. Incluso en la época en que se escribió el relato del Paraíso, el perfeccionamiento de las facultades cognoscitivas se asociaba a la idea del hombre cargado de atributos divinos y tremendas responsabilidades. Dijo Yavéh, Dios: «He aquí al hombre hecho como uno de nosotros, conocedor del bien y del

mal; que no vaya ahora a tender su mano al árbol de la vida, y comiendo de él, viva para siempre» (Génesis 3,22). Así pues, el hombre debe ser expulsado del Paraíso y Dios coloca al este del Edén una guardia de querubines con flameantes espadas para mantener al Árbol de la Vida lejos de las ambiciones del hombre[11].

Tal vez el jardín del Edén no sea tan distinto de la Tierra como se les mostraba a nuestros antepasados de hace tres o cuatro millones de años, en el curso de una legendaria época dorada en la que el género *homo* vivía en perfecta armonía con los restantes animales y vegetales. Según el relato bíblico, tras su expulsión del paraíso la humanidad es condenada a morir; a ganar el pan con su esfuerzo; a vestirse y a guardar un cierto pudor como preventivos de la estimulación sexual; a la férula de los hombres sobre las mujeres; al cultivo de las plantas (Caín); a la domesticación de los animales (Abel) y al asesinato (Caín y Abel). Todos estos aspectos se ajustan con bastante exactitud a los indicios históricos y arqueológicos. No hallamos en la metáfora del Edén prueba alguna de asesinato antes de la Caída. Sin embargo, los cráneos fracturados de bípedos no pertenecientes al tronco evolutivo del hombre pueden constituir un indicio de que nuestros antepasados dieron muerte, incluso en el mismo Edén, a muchos animales antropomorfos.

La civilización arranca no de Abel, sino de Caín el homicida. El mismo término «civilización» deriva del vocablo latino para designar la ciudad. Fue el tiempo libre, la organización comunal y la especialización de la actividad laboral en las primeras ciudades lo que propició la aparición de las artes y de las técnicas que consideramos como pruebas de contraste de las distintas civilizaciones. Según el Génesis, la primera ciudad fue construida por Caín, el inventor de la agricultura, actividad que requiere un asentamiento fijo, y fueron sus descendientes, los hijos de Lamec, los que inventaron tanto «los instrumentos cortantes de bronce y de hierro» como los instrumentos musicales. La metalurgia y la música, es decir, la técnica y el arte, son patrimonio de la estirpe de Caín. Por otro lado, las pasiones exacerbadas que conducen al asesinato no se atemperaron. Así, Lamec dice: «Por una herida mataré a un hombre y a un joven por un cardenal; si Caín fue vengado siete veces, Lamec lo será setenta veces siete». Desde entonces conocemos el nexo entre asesinato e invención. Uno y otro derivan de la agricultura y de la civilización.

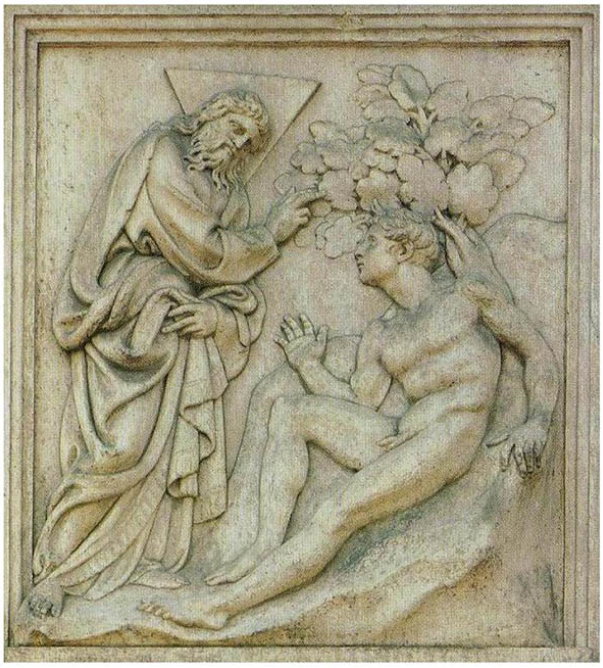


Ilustración 17. *La creación de Adán*. Relieve de las puertas de la Iglesia de San Pedro, Bolonia, obra de Jacopo della Quercia.

Una de las primeras consecuencias de las facultades anticipatorias inherentes a la evolución de los lóbulos prefrontales debe haber sido la conciencia de la muerte. Con toda seguridad el hombre es el único organismo en la tierra con una idea relativamente clara de la inevitabilidad del destino que le aguarda. Los diversos ceremoniales fúnebres, entre los que se incluye el depósito de alimentos y de objetos junto al cuerpo, del fallecido, se remontan por lo menos a la época de nuestro pariente el hombre de Neanderthal, lo que indica no sólo una dilatada conciencia de la muerte, sino también una ceremonia ritual ya configurada que tiende a procurar sustento a los muertos en la otra vida. No es que la idea de la muerte estuviera ausente antes del espectacular desarrollo del neocórtex y de la expulsión del paraíso; lo que ocurre es que hasta aquel momento nadie había reparado en que la muerte sería su destino último.

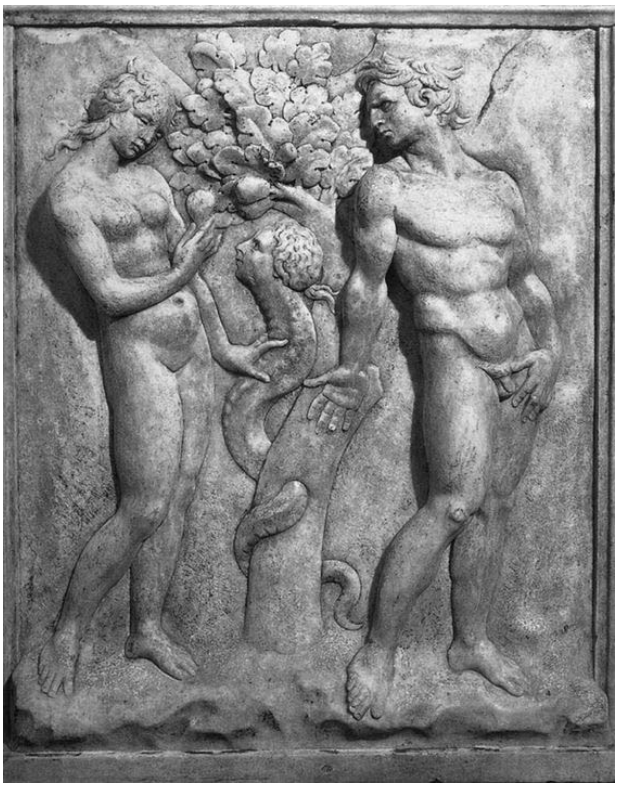


Ilustración 18. *La tentación de Adán y Eva* por una serpiente dotada de una singular cabeza humana. Relieve de las puertas de la Iglesia de San Pedro, Bolonia, obra de Jacopo della Quercia.

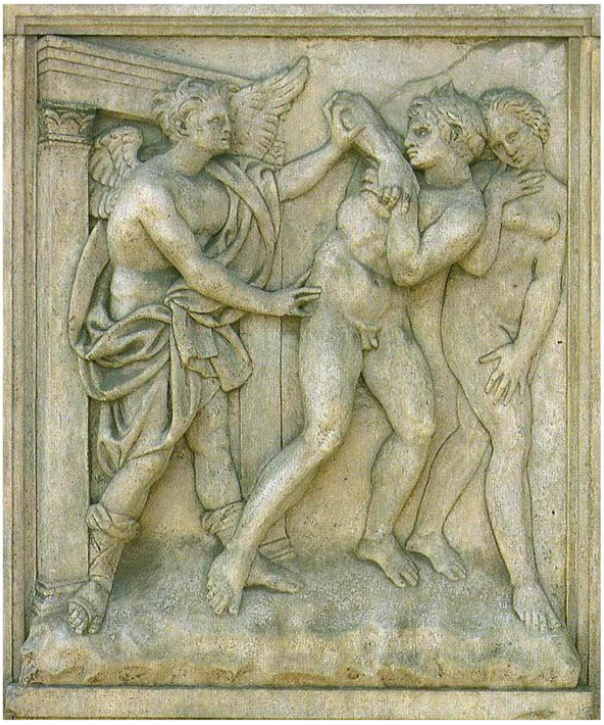


Ilustración 19. *La expulsion del Paraíso terrenal*. Relieve de las puertas de la Iglesia de San Pedro. Bolonia, obra de Jacopo della Quercia.

La alegoría de la expulsión del paraíso parece ser una metáfora apropiada para algunas de las efemérides biológicas más importantes acaecidas en la evolución reciente del hombre. Puede que en ello radique la amplia difusión de que goza[12]. Sin embargo, no es tan extraordinaria como para inducirnos a creer en una especie de memoria biológica de eventos históricos del pasado, aunque desde mi punto de vista se me antoja próxima a ello, hasta el punto de que bien merece la pena asumir el riesgo de plantear por lo menos la cuestión. El único depositario de la mentada memoria biológica es, por supuesto, el código genético.

Hace cincuenta y cinco millones de años, durante el eoceno, se dio una gran proliferación de primates, tanto de los que habitaban en los árboles como en el suelo, y se inició un tronco que desembocaría en la aparición del hombre. Algunos primates de aquella época —tal es el caso, por ejemplo, de un prosimio llamado *Tetonius*— presentan en los moldes endocraneales obtenidos pequeñas protuberancias en el mismo lugar en que más tarde se originarán los lóbulos frontales. La primera evidencia fósil de un cerebro con un aspecto vagamente humano se remonta al período miocénico, dieciocho millones de años atrás, cuando hace su aparición un antropoide al que conocemos como el *Procónsul* o *Dryopithecus*. El *Procónsul* era cuadrúpedo y arbóreo y, probablemente, antepasado de los grandes simios de hoy así como también del *homo sapiens*. Sus rasgos son poco más o menos los que cabía esperar de un antepasado común de los simios y de los hombres. (Algunos antropólogos consideran que el *Ramapithecus*, que apareció aproximadamente por la misma época, es el antepasado del hombre). Los moldes endocraneales del *Procónsul* muestran unos lóbulos frontales apreciables, pero unas convoluciones neocorticales mucho menos desarrolladas que las del mono y el hombre actual. Su volumen craneal era todavía muy pequeño. El hito más importante en la evolución de la capacidad craneal tuvo lugar en los últimos millones de años.

Se ha dicho que los pacientes que han sufrido lobotomías prefrontales han perdido «el sentido continuado de identidad», es decir, la sensación de ser un individuo distinto de los demás con un cierto dominio sobre sus actos y circunstancias, lo que podríamos llamar la «egocidad», el carácter de único que se posee en tanto que individuo. Es muy posible que los mamíferos inferiores y los reptiles, por carecer de extensos lóbulos frontales carezcan también de este sentimiento, real o ilusorio, de individualidad y libre albedrío que tanto caracteriza al ser humano y que tal vez el *Procónsul* experimentara levemente por vez primera. Es muy probable que los avances culturales y la evolución de aquellos rasgos fisiológicos que consideramos privativos del hombre hayan

venido literalmente de la mano: cuanto mejores sean nuestras predisposiciones genéticas a la carrera, la comunicación social y la manipulación instrumental, mayores serán también las probabilidades de que desarrollemos útiles y estrategias de caza efectivas; cuanto mayor sea la adaptabilidad de dichos útiles y estrategias, mayores serán las posibilidades de supervivencia de nuestra dotación genética característica. Uno de los principales exponentes de esta teoría, el antropólogo norteamericano Sherwood Washburn, de la Universidad de California, ha dicho: «Mucho de lo que consideramos como propio del hombre se desarrolló mucho tiempo después de que empezaran a utilizarse las herramientas. Probablemente sea más exacto pensar que buena parte de nuestra estructura es el resultado de un proceso cultural que no creer en la existencia de unos seres anatómicamente semejantes a nosotros que lenta y progresivamente han ido desarrollando la cultura».

Algunos estudiosos de la evolución humana consideran que buena parte de la presión selectiva que se oculta tras ese trascendental evento en el proceso de cerebración se dio primero en la corteza motora, y no en las regiones neocorticales que regulan los procesos cognoscitivos. Subrayan así, la notable aptitud del ser humano para lanzar proyectiles y dar certeramente en el blanco, andar airosamente y correr desnudos —como Louis Leakey gustaba de ilustrar con su propia persona— hasta rebasar en su carrera e inmovilizar a los animales de caza. Es posible que deportes como el béisbol, el fútbol y la lucha libre, así como las pruebas atléticas y las competiciones de campo a través, el juego del ajedrez y la guerra en general deban su atractivo, así como la gran participación que en ellos tiene la población masculina, a estas condiciones para la caza «impresas» en nuestro cerebro que tanta utilidad han reportado al hombre durante millones de años, pero que hoy pierden progresivamente aplicaciones prácticas.

Tanto la defensa efectiva contra los depredadores como la caza eran necesariamente tareas de grupo. El medio físico en que apareció el hombre —en África ocurrió durante el plioceno y el pleistoceno— estaba habitado por una gran variedad de fieros mamíferos carnívoros, los más temibles de los cuales eran, quizás, las camadas de hienas gigantes. Era sumamente difícil repeler en solitario el ataque de una de estas camadas. Acechar presas de gran tamaño, bien aisladas bien en rebaño, es tarea peligrosa que requiere de los cazadores cierto grado de comunicación mediante señas o ademanes. Nos consta, por ejemplo, que poco tiempo después de que el hombre llegase a Norteamérica por el estrecho de Bering, durante el pleistoceno, hubo grandes y espectaculares matanzas de animales de caza de gran tamaño, a menudo haciendo que los rebaños se

despeñaran por los barrancos. Para poder acechar a una sola bestia salvaje o provocar una estampida que conduzca a la muerte a un rebaño de antílopes es preciso que los cazadores hagan un mínimo uso del lenguaje simbólico. El primer acto de Adán, mucho antes de la Caída e incluso antes de la creación de Eva, fue de orden lingüístico: poner nombres a los animales del paraíso.

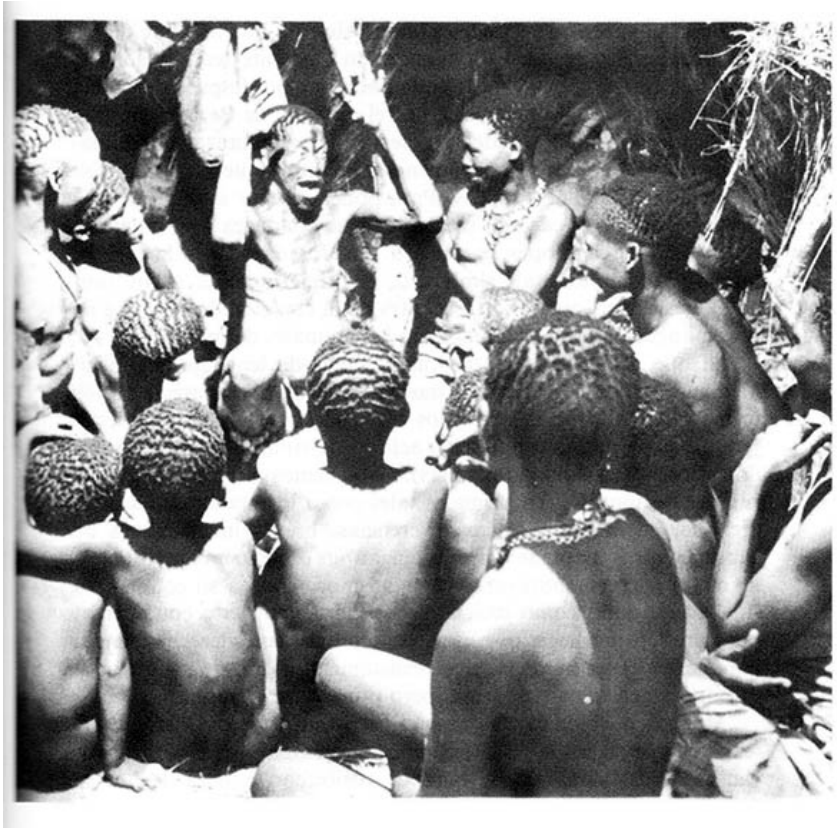


Ilustración 20. La invención del lenguaje humano marcó un hito fundamental en la evolución del hombre. Entre sus manifestaciones más acabadas estaba, como muestra la imagen, el relato de viva voz, forma cultural anterior a la invención de la escritura.

Ni que decir tiene que algunas formas de lenguaje simbólico mediante gestos se originaron mucho antes de que aparecieran los primates. Los cánidos y muchos otros mamíferos que establecen jerarquías de dominio muestran actitud de sumisión bien apartando los ojos bien doblando la cerviz. Nos hemos referido ya a otros rituales de sumisión en primates tales como los macacos. Es posible que, en el hombre, las reverencias, breves inclinaciones de cabeza y otros actos de cortesía tengan un origen similar. Muchos animales parecen subrayar la amistad mordiendo a su compañero sin hacerle daño como diciéndole: «Podría morderte con fuerza, pero prefiero no hacerlo». El saludo con la mano derecha alzada, habitual en el ser humano, tiene exactamente el mismo significado: «Podría atacarte con un arma, pero prefiero no empuñarla[13]».

Muchos pueblos cazadores han hecho un uso considerable del lenguaje por signos o gestos, como, por ejemplo, los indios americanos de las llanuras, que también realizaban señales de humo. Según Homero, la victoria de los helenos en Troya fue comunicada desde Ilium a Grecia, situada a una distancia de varios centenares de kilómetros, mediante una sucesión de fogatas. Eso ocurría alrededor del año 1100 a. de J.C. Sin embargo, tanto el repertorio de ideas como la rapidez con que pueden comunicarse mediante signos o gestos son limitados. Darwin señaló la inoperancia de estos lenguajes si tenemos las manos ocupadas, cuando es de noche o si algún obstáculo nos impide ver las manos del interlocutor. No resulta difícil imaginar que el lenguaje por señas o por ademanes fuese sustituido gradualmente, y finalmente suplantado de lleno, por el lenguaje oral, que en un principio tal vez consistiera en simples sonidos onomatopéyicos, es decir, imitativos del sonido del objeto o de la acción que estamos expresando. Los niños llaman a los perros «guauguaus». En casi todos los lenguajes del nombre el término que el niño utiliza para decir «madre» parece una evocación del sonido que emitía inadvertidamente mientras era amamantado. Pero lo importante es que todos estos hechos no pueden haberse producido sin una restructuración del cerebro.

Hoy sabemos, en base a los restos óseos del hombre primitivo, que nuestros antepasados eran cazadores. Sabemos lo suficiente acerca de la caza de animales corpulentos para comprender que se precisa una forma u otra de comunicación para acechar una presa en grupo. Con todo, las ideas sobre la antigüedad del lenguaje se han visto inesperada y considerablemente reforzadas gracias a los minuciosos estudios de fósiles endocraneales llevados a cabo por el antropólogo norteamericano Ralph L. Holloway, de la Universidad de Columbia, quien ha sacado moldes de caucho de los cráneos fosilizados y ha intentado deducir algunas conclusiones sobre la intrincada morfología del cerebro partiendo de la configuración de los mismos. Se trata de una especie de frenología, pero más interna que superficial y con una base mucho más sólida. Holloway está convencido de que en los moldes endocraneales puede detectarse la región del cerebro conocida como «área de Broca», uno de los diversos centros que regulan el habla. Asimismo, cree haber encontrado indicios de la existencia de esta región cerebral en un fósil de *h. habilis* que tiene más de dos millones de años de antigüedad. Cabe, pues, pensar que el lenguaje, las herramientas y la cultura surgieron aproximadamente en la misma época.

Señalemos de pasada que hubo criaturas antropomorfas que vivieron hace sólo unas pocas decenas de miles de años —el hombre de Neanderthal y el de Cro-Magnon— y que poseían por término medio volúmenes craneales de unos 1500 centímetros cúbicos, es decir, que excedían en más de cien centímetros cúbicos el volumen de nuestros cerebros. La mayoría de antropólogos consideran que no descendemos de la especie de Neanderthal ni quizá tampoco del llamado hombre de Cro-Magnon. Sin embargo, la existencia de uno y otro suscita la cuestión de averiguar quiénes eran estos especímenes antropomorfos y cuáles sus aportaciones. El hombre de Cro-Magnon era un ser de considerable altura; algunos individuos rebasaban con mucho el metro ochenta. Hemos visto ya que una diferencia de 100 c.c. en cuanto al volumen cerebral no parece revestir gran importancia, y hasta es posible que no fueran más inteligentes que nosotros o nuestros inmediatos antepasados. Quizá padecieran taras físicas que hoy por hoy desconocemos. El hombre de Neanderthal tenía una frente escasa, pero su cabeza era alargada en sentido longitudinal. En cambio, nosotros poseemos una cabeza menos dilatada pero más grande en sentido vertical, lo que nos sitúa sin discusión en la categoría de los seres dotados de una gran masa cerebral. ¿Acaso el desarrollo del cerebro que se aprecia en el hombre de Neanderthal acaeció en los lóbulos parietales y occipitales, mientras que el desarrollo principal del cerebro de nuestros antepasados tuvo por marco los lóbulos frontales y temporales? ¿Cabe en lo posible que el hombre de Neanderthal desarrollase una mente muy distinta de la nuestra y que las superiores facultades lingüísticas y anticipatorias del hombre le llevara a eliminar totalmente a nuestros fornidos e inteligentes primos?

Ilustración 21. Una «reunión en la cumbre» durante el pleistoceno. De izquierda a derecha: *homo habilis* (un tanto deteriorado), *homo erectus*, hombre de Neanderthal, hombre de Cro-Magnon y *homo sapiens*.

Por lo que sabemos, el ser intelectivo aparece en la Tierra hace unos cuantos millones, o quizá docenas de millones, de años. Pero este lapso no supone sino un porcentaje mínimo (unas décimas solamente) de la edad del planeta o, trasladándolo al calendario cósmico, al último día del mes de diciembre. ¿Por qué una aparición tan tardía? Parece evidente que alguna determinada propiedad del cerebro de los primates y cetáceos superiores no se originó hasta fecha muy moderna. Pero ¿de qué propiedad se trata? Se me ocurren por lo menos cuatro posibilidades, todas las cuales han sido ya mencionadas, sea explícita o implícitamente. A saber: 1) la de que nunca antes se había dado un cerebro tan voluminoso; 2) la de que nunca se había dado una proporción tan alta entre masa cerebral y corpórea; 3) la de que nunca antes existió un cerebro con determinadas unidades funcionales (por ejemplo, lóbulos frontales y temporales muy pronunciados); y 4) la de que nunca hubo un cerebro con tantas conexiones neurales o sinapsis. (Parecen existir indicios de que durante el proceso de cerebración se produjo un incremento del número de conexiones de cada neurona con su vecina, así como en el número de micro-circuitos). Las hipótesis 1, 2 y 4 indican que un cambio cuantitativo originó otro de orden cualitativo. Creo que de momento no es posible decantarse tajantemente por una de esas cuatro alternativas, y presiento que la verdad abarcará probablemente buena parte de las respectivas opciones.

Sir Arthur Keith, investigador británico que ha estudiado el proceso evolutivo del hombre, propuso lo que él denominó un «rubicón» en el proceso de cerebración. Según su teoría, a partir del volumen cerebral del *homo erectus* —unos 750 cc, aproximadamente el cubicaje de una motocicleta potente— empiezan a emerger los rasgos exclusivos del ser humano. Claro que este rubicón bien pudo ser desorden cualitativo y no sólo cuantitativo. Quizá la diferencia no residiera tanto en los 200 c.c. suplementarios como en determinado desarrollo de los lóbulos frontal, temporal y parietal que nos procuraron facultades de análisis y anticipación y sentimientos de ansiedad.

Aun cuando cabe discutir la exacta equivalencia del mentado rubicón, creemos que la noción de un límite de tal tipo no carece de valor. Pero si existe un rubicón próximo a los 750 c.c., al tiempo que las diferencias de 100 o de 200 cc no parecen —por lo menos en el caso del hombre— factores determinantes del grado de inteligencia, ¿no será entonces posible atribuir a los monos cierta inteligencia reconocible como humana? El volumen del cerebro de un chimpancé es por término medio de 400 c.c., y el de un gorila de las tierras bajas de 500 c.c. Pues bien, ésta es la escala de variación de volúmenes cerebrales entre los australopitecos gráciles, conocedores de las herramientas de mano.

El historiador judío Josefo añade a la lista de penalidades y tribulaciones inherentes a la expulsión del paraíso la pérdida de nuestra capacidad para comunicarnos con los animales. Los chimpancés poseen un cerebro voluminoso, una neocorteza bien desarrollada y conocen también una larga infancia y dilatados períodos de adaptación. ¿Son capaces de pensar en abstracto? Y si son criaturas inteligentes, ¿por qué no conocen el uso de la palabra?

5

LAS ABSTRACCIONES DE LOS BRUTOS

«Te pido a ti y a todos en general que me señaléis un rasgo genérico… que permita diferenciar al hombre del simio. Ciertamente, yo no sé de ninguno y me gustaría que alguien me indicara lo contrario. Sin embargo, si hubiese llamado “mono” al hombre o a la inversa, todos los clérigos se me habrían echado encima. Tal vez, como naturalista que soy, tendría que haberlo hecho».

CARL LINNEO, fundador de la taxonomía, 1778

«Las bestias no pueden formular abstracciones», declaró John Locke, expresando con estas palabras el sentir generalizado del hombre en el transcurso de la historia escrita. Pero él obispo Berkeley replicó con socarronería: «Si lo que confiere a los brutos la condición de tales es el hecho de que no sean capaces de pensar en abstracto, me temo que muchos de los que pasan por hombres deberían sumarse a ellos». El pensamiento abstracto, por lo menos en sus manifestaciones más sutiles, no es un rasgo permanente del hombre medio en sus actividades cotidianas. ¿Y si el pensamiento abstracto no fuera tanto una cuestión de especie como de grado? ¿No pueden otros animales realizar abstracciones aunque no sea con la frecuencia y la agudeza del hombre?

Entre nosotros prevalece la idea de que los demás animales no son criaturas muy inteligentes. Sin embargo, cabe preguntarse si hemos analizado con rigor la posibilidad de que los animales posean un apreciable nivel intelectivo. ¿No será que como en *El niño salvaje*, la punzante película de François Truffaut, tendemos a ver en la ausencia de nuestra forma de expresar la inteligencia la carencia de la misma? Refiriéndose al tema de la comunicación con otras especies animales, el filósofo francés Montaigne manifestó: «¿Por qué suponer que los impedimentos que dificultan esta comunicación son imputables sólo a ellos y no, también, a nosotros?»[14].

Existe, ciertamente, un largo anecdotario demostrativo de que los chimpancés son criaturas inteligentes. El primer estudio serio sobre el comportamiento de los simios —sin excluir el medio natural que les es propio— lo llevó a cabo en Indonesia Alfred Russel Wallace, descubridor, conjuntamente con Darwin, de la evolución a través de la selección natural.

Estudiando los hábitos de conducta de una cría de orangután, Wallace llegó a la conclusión de que su comportamiento «era exactamente el mismo que el de un niño en circunstancias parecidas». En realidad, el término «orangután» corresponde en malayo a una frase que significa «hombre de la selva» y no «simio». Teuber se hace eco de numerosas anécdotas que le fueron contadas por sus padres, dos etólogos alemanes, adelantados de su especialidad, que a principios del segundo decenio del presente siglo fundaron y dirigieron en Tenerife, Islas Canarias, el primer centro experimental dedicado al estudio de la conducta de los chimpancés. Fue allí donde Wolfgang Kohler realizó sus famosas investigaciones con Sultán, un chimpancé «superdotado» capaz de unir las dos partes de un bastón o caña para poder hacerse con un plátano que de otro modo hubiera permanecido fuera de su alcance. También en el centro experimental de Tenerife se vio a dos chimpancés que se entretenían maltratando a un polluelo: uno de ellos mostraba al animalito un poco de comida y cuando se acercaba atraído por ella su compañero le sacudía con un alambre que ocultaba tras la espalda. El polluelo reculaba, pero en seguida reincidía, lo que le valía un nuevo azote. Este proceder constituye una clara combinación de un comportamiento que en ocasiones se juzga exclusivo del ser humano y que presupone cooperación, confabulación de cara a la comisión de ciertos actos, engaño y crueldad. También demuestra que los polluelos poseen escasa capacidad para aprender a prevenirse del riesgo.

Hasta hace unos pocos años, los intentos más concienzudos para establecer comunicación con los chimpancés discurrían poco más o menos del siguiente modo: al nacer la cría del chimpancé se la trasladaba a un hogar que tuviese un bebé y se los criaba juntos utilizando cunas, cochecitos, sillas altas, orinales, pañales y botes de talco iguales para uno y otro. Al término de los tres años, el joven chimpancé superaba con mucho al niño cuando se trataba de operar manualmente, trepar, dar brincos, correr y otras actividades motoras. Sin embargo, mientras que el niño se regodeaba balbuciendo una frase tras otra, el chimpancé sólo podía pronunciar, y aun con muchas dificultades, palabras como «mamá», «papá», etc. De aquí que muchos dieran por sentado que el chimpancé era un ser

bastante inepto para expresarse, razonar y otras funciones mentales superiores: «La bestia es incapaz de formular abstracciones».

Sin embargo, hubo dos psicólogos de la Universidad de Nevada, Beatrice y Robert Gardner, que cavilando en torno a los experimentos realizados observaron que la faringe y la laringe del chimpancé no están adaptados para emitir sonidos y articular palabras como en el caso del hombre. Curiosamente, este utiliza un mismo órgano, la boca, para comer, respirar y comunicarse con otros individuos. En insectos como los grillos, que se llaman entre sí restregando una pata con otra y produciendo el clásico chirrido, estas tres funciones corresponden a tres órganos distintos. A lo que parece, el habla, en el hombre parece conformarse como un evento accidental. Por otra parte, el hecho de que el hombre utilice para expresarse oralmente órganos que cumplen otras misiones demuestra también que nuestras facultades de expresión oral se originaron en un pasado relativamente cercano. En opinión de los Gardner, era razonable suponer que los chimpancés poseyeran facultades lingüísticas notables que no habían podido traslucir debido a las limitaciones anatómicas. Ello les llevó a preguntarse si había un tipo de lenguaje simbólico que potenciase más los rasgos positivos que los negativos de la anatomía del chimpancé.

Ilustración 22. Washoe (a la izquierda) expresa en lenguaje Ameslan la palabra «sombrero» al serle mostrado un gorro de lana.

Dieron así con una brillante idea: enseñar a este animal el lenguaje por señas utilizado en Norteamérica, conocido como el Ameslan (acrónimo de *American sign language*), o, también, «lengua norteamericana para sordomudos» (*American deaf and dumb language*). Se trata de una forma de expresión que se adapta maravillosamente bien a la soltura manual del

chimpancé y que permite representar gestualmente los principales rasgos conceptuales del idioma hablado.

A la sazón disponemos de un nutrido acopio escrito y filmado de conversaciones en Ameslan y otros lenguajes por señas con Washoe, Lucy, Lana y otros chimpancés estudiados por los Gardner y diversos investigadores. Algunos chimpancés poseen un repertorio de cien a doscientos términos y, además, son capaces de distinguir entre diversos modelos de sintaxis y reglas gramaticales. Y lo que es más significativo: se han mostrado singularmente ingeniosos en la construcción de vocablos y expresiones de nuevo cuño.

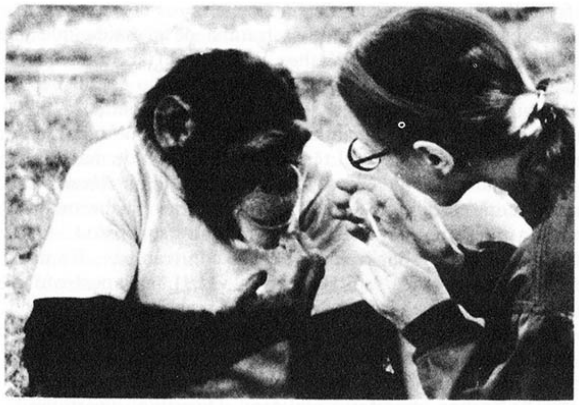


Ilustración 23. Washoe (izquierda) indica por señas, en lenguaje Ameslan, la palabra «dulce» a la vista de un chupón o caramelo de palo.

Así, cuando Washoe vio por vez primera a un pato en un estanque dijo mediante señas, «pájaro de agua», que corresponde al término utilizado en inglés y en otros idiomas, pero que el chimpancé improvisó para la ocasión. La hembra Lana no había visto otros frutos de forma esférica que las manzanas, pero como sabía indicar por señas el nombre de los colores principales, un día en que vio a uno de los cuidadores comer una naranja, señaló con los correspondientes ademanes: amanzana color naranja». Después de probar una raja de sandía, Lucy la llamó «bebida con azúcar» y «fruta líquida»; pero cuando sintió el escozor del primer rábano que cataba, dijo entonces que se trataba de «comida que duele y hace llorar». Cuando a Washoe le pusieron una muñequita en la taza que sostenía, dijo mediante señas: «niño en mi bebida». A este último chimpancé se le enseñó a representar la palabra «sucio» siempre que se hacía las necesidades encima

o en un mueble, y el animal extrapoló el término aplicándolo de manera genérica a cualquier tipo de exceso. En presencia de un *rhesus* (mono común) con el que no simpatizaba, repitió machaconamente: «mono asqueroso, mono asqueroso, mono asqueroso». A veces decía cosas como: «Sucio Jack, bebida con trampa». En un momento de tedio y de inspiración a la vez, Lana apostrofó a su cuidador llamándole «cagarruta verde». Los chimpancés han llegado a inventar hasta juramentos. Washoe parece tener incluso cierto sentido del humor. En una ocasión en que cabalgaba sobre las espaldas de su cuidador al tiempo que, tal vez inadvertidamente, se le orinaba encima, manifestó jubiloso: «Divertido, divertido».

En cuanto a Lucy, terminó por aprender a distinguir claramente el sentido de frases como «Roger hace cosquillas a Lucy» y «Lucy hace cosquillas a Roger», dos actividades que la deleitaban en extremo. Asimismo, Lana dedujo de la frase «Tim cuida de Lana» otra que decía «Lana cuida de Tim». Washoe fue sorprendido «leyendo» una revista: el chimpancé volvía las páginas despacio, se entretenía contemplando las ilustraciones y, en un momento dado, sin dirigirse a nadie en particular, realizaba las señas pertinentes, como la correspondiente a la palabra «gato» al toparse con la fotografía de un tigre, o «bebida» al fijar la vista en el anuncio de un vermout. Habiendo aprendido a indicar por señas la palabra «abierto» con referencia a una puerta, Washoe extendió el concepto a una cartera de mano. También intentó conversar en Ameslan con el gato del laboratorio, que resultó ser el único analfabeto del lugar. Después de adquirir este sorprendente medio de comunicación, es posible que Washoe se sorprendiera de que el gato no fuese también experto en el empleo del Ameslan. Un día en que Jane, la madrastra de Lucy, salió del laboratorio, ésta la miró con fijeza y dijo por señas: «Llámame. Yo gritar».

Boyce Rensberger es un periodista muy dotado y sensible que trabaja en la plantilla del *New York Times*. Sus padres eran sordomudos, aunque él es perfectamente normal. Con todo, el primer idioma que conoció fue el Ameslan. Después de que el *Times* le enviara a Europa por espacio de algunos años, de vuelta a los Estados Unidos una de las primeras tareas que se le encomendaron en el plano interior fue la de investigar los experimentos de los Gardner con Washoe. Después de haber dedicado un

poco de tiempo a trabar conocimiento con el chimpancé, Rensberger escribió un reportaje en el que, entre otras cosas, decía: «De repente me di cuenta de que estaba conversando con un individuo de otra especie en la lengua que había conocido cuando niño». Por supuesto, el empleo del término «lengua» es figurativo y está profundamente encastrado en la estructura del lenguaje (su otra acepción hace referencia al órgano físico propiamente dicho). Pero la verdad es que Rensberger conversaba con un miembro de otra especie en su «mano» (no lengua) nativa. Ha sido precisamente esta transición del órgano lengua al apéndice mano lo que ha permitido al hombre recobrar la facultad —que según Josefo perdió en el instante en que fue expulsado del paraíso— de comunicar con los animales.

Además del Ameslan, los chimpancés y otros primates que nada tienen que ver con el hombre, aprenden diversidad de lenguajes gestuales. Por ejemplo, en el Centro Regional de Investigación de Primates de Yerkes, en Atlanta (Georgia), aprenden un lenguaje específico de computador llamado *Yerkish* (por los investigadores, no por los chimpancés). El computador registra todas las conversaciones de sus alumnos, incluso durante la noche, cuando no están presentes los cuidadores. Gracias a él sabemos que los chimpancés prefieren el jazz al rock y las películas de chimpancés a los filmes en que interviene el hombre. Al llegar el mes de enero de 1976, Lana había visionado una cinta titulada *The developmental anatomy of the chimpanzee* nada menos que 245 veces. No cabe duda de que vería con agrado una mayor variedad en el fondo de material fílmico en el archivo.

En la fotografía de la ilustración 24 vemos a Lana solicitando al computador mediante las correspondientes señas que se le suministre un plátano. También se muestra gráficamente la sintaxis necesaria para que el animal pueda obtener del computador agua, zumo de frutas, chocolate líquido, la audición de música, el visionado de una película o la apertura de una ventana. (La máquina satisface muchas de las necesidades de Lana, pero no todas. De aquí que en ocasiones, en mitad de la noche, la hembra se lamente con desconsuelo: «Máquina, por favor, hazle cosquillas a Lana»). Posteriormente se han planteado al chimpancé peticiones y comentarios más complicados, cada uno de los cuales requiere el empleo creativo de una determinada forma gramatical.

Lana controla las frases que elabora frente al panel del computador y borra aquellas que contienen errores gramaticales. Una vez, mientras Lana se afanaba en la construcción de una frase compleja, su entrenador interpoló repetida e intencionadamente desde la consola del computador en que se hallaba, separada de la de Lana, una palabra que desposeía de todo sentido la frase del chimpancé. Lana fijó la mirada en su panel, miró de soslayo al cuidador sentado ante su consola y compuso otra frase que decía: «Tim, por favor, sal de la habitación». De la misma manera que Washoe y Lucy puede decirse que saben hablar, cabe afirmar que Lana sabe redactar.

Ilustración 24. Lana en su computador. El simio debe tirar de la barra situada sobre su cabeza, adosada al mismo techo, para activar la consola. Cerca de la base del tablero de mando hay unos distribuidores automáticos de zumo de frutas, agua, plátanos y confites de chocolate.

En la etapa primeriza durante la cual Washoe aprendía a desarrollar sus facultades verbales, Jacob Bronowski y un colega suyo dieron a conocer un trabajo científico en el que se quitaba todo valor al lenguaje por señas y ademanes que utilizaba el citado chimpancé. Bronowski, que no tenía en su poder más que escasos datos, alegaba para ello que Washoe no interpelaba ni negaba las propuestas que se le hacían. Sin embargo, investigaciones posteriores demostraron que tanto Washoe como otros chimpancés eran perfectamente capaces de formular preguntas y de rebatir aseveraciones. Resulta difícil apreciar una diferencia cualitativa de consideración entre el uso del lenguaje gestual por parte de los chimpancés y el empleo del habla ordinaria por los niños de un modo que inequívocamente atribuimos a la inteligencia. Leyendo el trabajo de Bronowski tengo la ligera impresión de

que hay en él un poco de chovinismo humano, una reminiscencia de la afirmación de Locke de que «las bestias no pueden formular abstracciones». En 1949, el antropólogo norteamericano Leslie White declaró categóricamente: «El comportamiento humano es un comportamiento simbólico; y el comportamiento simbólico es un comportamiento humano». ¿Qué hubiese pensado White de haber conocido los casos de Washoe, Lucy y Lana?

Estas observaciones acerca del lenguaje y el nivel de inteligencia de los chimpancés tienen una intrigante incidencia en los argumentos «rubicón» antes mencionados, a saber, la aserción de que la masa total del cerebro, o como mínimo la razón entre las masas cerebral y corporal, es un índice válido del nivel intelectivo. En contra de esta tesis se había dicho que los niveles inferiores de la masa cerebral de los individuos microcefálicos concuerdan con el límite superior de masa cerebral en los gorilas y chimpancés adultos, con la ventaja de que los primeros poseen, aunque muy mermadas, facultades de expresión oral, mientras que los simios carecen de ellas. Sin embargo conviene tener presente que los individuos microcefálicos sólo pueden expresarse oralmente en contadísimos casos. Una de las mejores descripciones que se han hecho sobre este género de individuos fue la que escribió en 1893 el médico ruso S. Korsakov, que estudió el caso de una mujer llamada Masha con un cerebro de dichas características. Masha solamente podía comprender algunas peguntas y obedecer unas cuantas órdenes, y muy contadas veces era capaz de evocar episodios de su infancia. A veces hablaba por los codos, pero casi todo lo que decía eran incoherencias. Refiriéndose a su capacidad de expresión oral Korsakov señaló que su habla se caracterizaba por «una extrema pobreza de asociaciones lógicas». Para dar una idea de la cortedad de su intelecto, mal adaptado y semejante al de un autómata, Korsakov refirió los hábitos de Masha en punto a la ingestión de alimentos. Cuando se le ponía comida en la mesa, la mujer la tomaba, pero si le era retirada súbitamente se comportaba como si hubiese concluido el ágape, daba las gracias a los encargados de servirla y se persignaba. Si volvían a depositar los alimentos

en la mesa, comía de nuevo y, al parecer, el juego se prolongaba indefinidamente. Por mi parte estoy convencido de que Lucy o Washoe hubieran sido unos compañeros de mesa mucho más interesantes que Masha y que la comparación de un individuo microcefálico de la especie humana con un simio corriente no es incompatible con la existencia de un cierto rubicón o linde de la inteligencia. Ni que decir tiene que en cuanto a los tipos de inteligencia que podemos identificar sin dificultades, tanto la calidad como la cantidad de las conexiones neurales revisten una importancia probablemente capital.

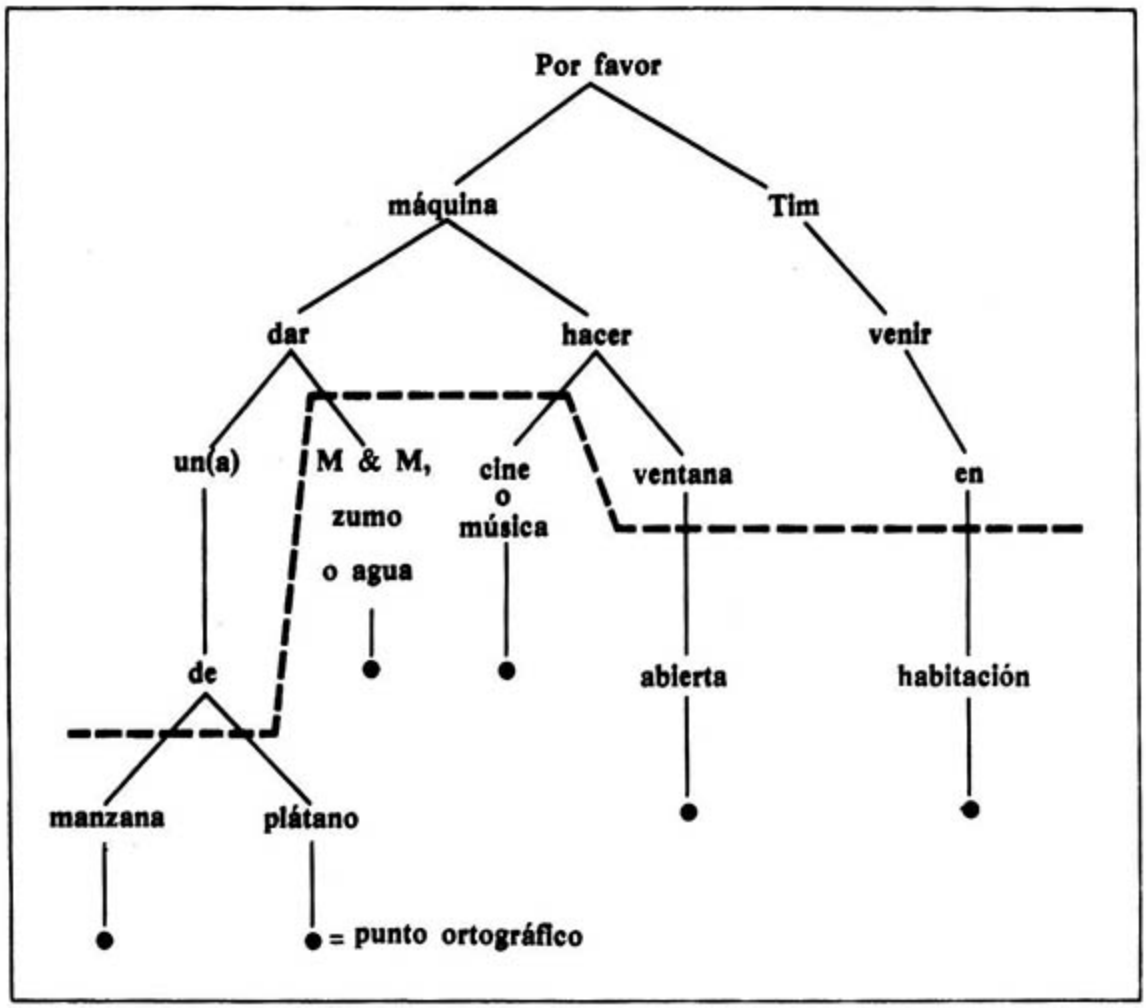


Ilustración 25. La figura muestra el esquema lógico de cierto número de peticiones que se formulan al computador. Es un método en el que se aunan las maneras corteses con la corrección gramatical. Todas las peticiones principian con un «por favor» y terminan con un punto ortográfico (M & M = chocolate).

James Dewson, de la Facultad de Medicina de la Universidad de Stanford, y sus colegas han llevado a cabo últimamente una serie de experimentos que fundamentan en el plano fisiológico la idea de que los centros del lenguaje en los simios se hallan localizados en el neocórtex, sobre todo, como sucede con el hombre, en el hemisferio izquierdo.

Los simios fueron instruidos para que pulsaran una luz verde cuando oían un zumbido y una luz roja si se trataba de una nota. A los pocos segundos de que se escuchase un sonido, la luz verde o la roja aparecían en algún punto imprevisible —distinto en cada ocasión— del panel de mando. El simio pulsaba la luz pertinente y si su respuesta era correcta se le recompensaba con una pelotilla alimenticia. Más tarde, se aumentó a veinte segundos el intervalo entre la audición del sonido y el encendido de la luz correspondiente. A la sazón, para obtener la recompensa era preciso que los monos recordasen por espacio de veinte segundos el ruido que había llegado a sus oídos. Acto seguido, el equipo del doctor Dewson extirpó quirúrgicamente parte de la llamada corteza de asociación auditiva del hemisferio izquierdo del neocórtex, en el lóbulo temporal, y sometidos de nuevo a experimentación, los simios apenas recordaban el sonido que ahora se les hacía oír. En efecto, en menos de un segundo olvidaban si se trataba de un zumbido o de una inflexión de la voz. En cambio, la extirpación de una parte equivalente del lóbulo temporal del hemisferio derecho no tenía incidencia alguna en la capacidad de rememoración a que estamos aludiendo. Al parecer, Dewson comentó: «Da la impresión de que esta porción extirpada del cerebro de los monos corresponde a los centros del habla en el hombre». Investigaciones similares llevadas a cabo con los *rhesus*, pero utilizando estímulos visuales en vez de auditivos, parecen demostrar que no existen indicios de que haya diferencia entre los hemisferios del neocórtex.

Debido a la creencia generalizada (al menos entre los guardianes de los zoológicos) de que los chimpancés adultos son demasiado peligrosos para residir en un hogar o medio similar tras alcanzar la pubertad, Washoe y otros chimpancés que habían llegado a un notable dominio del lenguaje fueron retirados de las casas en que se encontraban sin que ellos lo solicitaran. He aquí la razón de que no tengamos datos consistentes sobre

las facultades de expresión de los monos y simios adultos. Una de las cuestiones más interesantes sería saber si una hembra de chimpancé dotada de aptitudes para la expresión verbal podría transmitirlas a su descendencia. Parece muy probable que así sea, y que una comunidad de chimpancés inicialmente facultada en el terreno del lenguaje por señas esté en condiciones de transmitir el lenguaje gestual a otras generaciones.

En el supuesto de que esta comunicación sea esencial para la supervivencia de la especie, existen ya algunos indicios de que los simios transmiten información extragenética o cultural. Jane Goodall tuvo ocasión de comprobar que las crías de chimpancé nacidas en la selva emulan el comportamiento de sus madres y aprenden la tarea no exenta de complejidad de encontrar una ramita o brizna apropiada para hurgar en el interior de los nidos de termitas y procurarse un bocado que consideran de lo más apetitoso.

Se han observado diferencias en la conducta de grupo —que nos sentimos fuertemente tentados a llamar diferencias culturales— entre chimpancés, babuinos, macacos y muchos otros primates. Así, por ejemplo, puede ocurrir que un grupo de monos sepa cómo comer los huevos que depositan las aves, en tanto que un grupo o comunidad que habita en las proximidades desconoce la manera de hacerlo. Este género de primates tiene un repertorio de unas cuantas docenas de sonidos o gritos que facilitan la comunicación entre los miembros del grupo. Así, uno de ellos tiene a buen seguro el significado de: «Huid, que viene un depredador». Pero el timbre y tono de los sonidos puede variar de un grupo a otro; existen, por decirlo de algún modo, acentos regionales.

Pero el experimento más curioso fue el que por vía accidental llevaron a cabo un grupo de científicos japoneses especialistas en el estudio de los primates que trataban de solucionar el exceso demográfico y el problema del hambre en una comunidad de macacos de una isla situada al sur del Japón. Los antropólogos en cuestión arrojaron granos de trigo en una playa arenosa. Piense el lector en lo difícil que resulta separar uno por uno los granos de cereal de los granos de arena, hasta el punto de que la tentativa podría requerir un consumo de energía mayor de la que podría procurar comer el trigo así esparcido. Sin embargo, una talentosa macaco hembra

llamada Imo bien por casualidad bien por despecho, arrojó puñados de arena y trigo mezclados al mar. Ahora bien, la arena se hunde mientras que el cereal flota, circunstancia de la que Imo se apercibió plenamente. Con tan singular proceso de cribado logró dar satisfacción a su estómago aunque, eso sí, a base de comer trigo reblandecido por el agua. Los macacos de más edad siguieron hurgando por su cuenta, ignorando el hallazgo del macaco hembra, pero los especímenes más jóvenes parecieron comprender la gran importancia del descubrimiento y siguieron el ejemplo de Imo. A la siguiente generación, la práctica se hallaba ya más extendida, y en la actualidad, los macacos que pueblan la isla utilizan este método de cerner el cereal, constituyendo con ello un ejemplo de tradición cultural entre los monos.

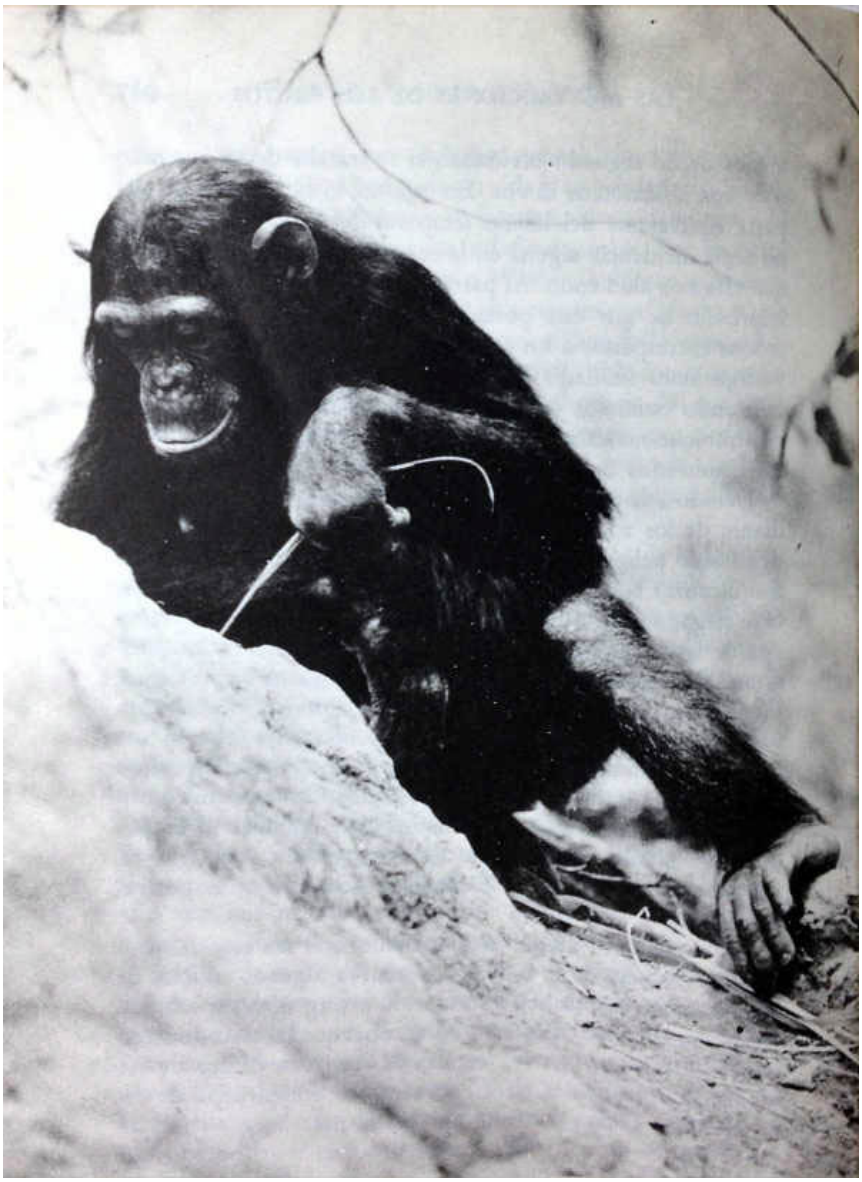


Ilustración 26. Un chimpancé se vale de una larga brizna de hierba para obligar a las termitas a salir del nido.

Una serie de investigaciones realizadas tiempo antes en el Takasakiyama, una montaña del sector noreste de Kyushu habitada por macacos, arrojaron una muestra similar de progreso cultural. Los visitantes arrojaban a los monos caramelos envueltos en papel, costumbre muy extendida en los zoológicos japoneses, pero que los macacos del monte Takasakiyama desconocían. En el curso del pasatiempo, algunos monos jóvenes aprendieron a desenvolver los caramelos y a comerlos, costumbre que fue transmitida sucesivamente a sus compañeros de juego, a las madres, a los machos dominantes (que en las comunidades de macacos hacen las veces de «niñeras» de las crías) y, por último, a los monos jerárquicamente

inferiores, que son los que socialmente, se hallan más distantes de las crías. El proceso de culturalización requirió más de tres años, y es que en las comunidades naturales de primates, las formas de comunicación no verbal en uso son tan variadas que apenas existe incentivo para elaborar un lenguaje gestual más perfeccionado. Con todo, si el chimpancé necesitara de él para sobrevivir, no cabe duda alguna de que sería transmitido de generación en generación.

En el supuesto de que los chimpancés incapaces de comunicarse tuvieran que morir o no pudiesen reproducirse, estoy convencido de que asistiríamos a un progreso y a una elaboración notables, en lo que al lenguaje se refiere, en el lapso de sólo unas pocas generaciones. El inglés básico se compone de unos mil vocablos. Muchos chimpancés dominan un repertorio lexicográfico que pasa del diez por ciento de esta cifra. Aun cuando hace los cuantos años habría pareado un tema de ciencia-ficción sin conexión alguna con sucesos reales, no considero improbable que a la vuelta de unas pocas generaciones de chimpancés en posesión de este acervo lingüístico se den a conocer las memorias de la historia natural y la vida mental de un chimpancé publicadas en inglés o en japonés, quizás con la mención «según el testimonio de» a renglón seguido del nombre del autor.

Si los chimpancés son criaturas que tienen conciencia de sus actos, capaces de realizar abstracciones ¿por qué no poseen lo que hasta hoy se ha dado en llamar un estatuto de los «derechos humanos»? ¿Qué grado de inteligencia ha de alcanzar un chimpancé para que su muerte se catalogue jurídicamente como un asesinato? ¿Qué otros rasgos debe incorporar para que los misioneros religiosos le consideren apto para ser objeto de catequización?

No hace mucho, él director de un importante centro de investigación sobre primates me mostró las dependencias del recinto. Enfilamos un corredor larguísimo en el que, al modo de un dibujo en perspectiva, veíanse alineadas una tras otra, hasta donde alcanzaba la vista, múltiples jaulas de chimpancés. Había uno, dos, y hasta tres en cada compartimento, y no me cabe la menor duda de que las instalaciones eran modélicas atendiendo a lo que son estos centros (o, en relación con el caso propuesto, los clásicos

zoológicos). Nos acercábamos a la primera de la serie de jaulas cuando los dos simios que la ocupaban empezaron a enseñar los dientes y con una puntería increíble lanzaban grandes escupitajos que alcanzaron de lleno el liviano traje de verano que vestía el director del centro. A continuación prorrumpieron en chillidos entrecortados que resonaron hasta el otro extremo del pasillo y que fueron repetidos y amplificados por otros animales enjaulados que ni siquiera nos habían visto, hasta que el estrecho pasadizo trepidó literalmente con los gritos, golpeteo de barrotes y sacudidas de las jaulas. El director me dijo que en esas ocasiones los chimpancés suelen arrojar otras cosas además de escupitajos y a instancias suyas emprendimos inmediatamente la retirada.

El suceso me trajo en seguida a la memoria a las películas norteamericanas de los años treinta y cuarenta cuya acción discurría en una vasta y deshumanizada penitenciaría estatal o federal donde los reclusos golpeaban los barrotes de las celdas con las marmitas cuando aparecía el guardián que desempeñaba el papel de sujeto sin entrañas. Los chimpancés en cuestión gozaban de excelente salud y estaban bien alimentados. Si son «solamente» animales, bestias incapaces de razonar en abstracto, entonces puede que mi comparación no sea más que un acceso de simpleza y sentimentalismo vacuo. Pero lo cierto es que los chimpancés *pueden* abstraer y, al igual que otros mamíferos, son capaces de experimentar emociones intensas. Es indiscutible que no han cometido delito alguno. No presumo de tener la respuesta, pero estimo sinceramente que vale la pena plantear la cuestión y preguntar por qué en prácticamente todas las ciudades importantes del mundo se mete a los simios entre rejas.

A la luz de nuestros actuales conocimientos el apareamiento eventual de un hombre con un chimpancé es perfectamente plausible[15]. Sin duda el hecho se habrá dado poquísimas veces, por lo menos modernamente. Uno no puede por menos que preguntarse cuál sería el estatuto legal de la prole fruto de una unión de este género. En mi opinión, las facultades cognoscitivas de los chimpancés nos obligan a interrogarnos sobre los verdaderos límites de la comunidad de seres a quienes debemos especiales consideraciones éticas. Espero, además, que su estudio puede contribuir a ensanchar nuestras perspectivas éticas Y hacernos tomar en consideración,

por vía descendente, a los grupos taxonómicos que pueblan la Tierra, y en línea ascendente, a los organismos extraterrestres, en el supuesto de que existan.

Resulta difícil calibrar el impacto emocional que supone para un chimpancé el aprendizaje de una lengua. Tal vez la mejor manera de averiguarlo sea analizar la reacción de un ser humano inteligente afectado por graves carencias sensoriales que experimentó en propia carne el hallazgo del lenguaje. Aun cuando Helen Keller, invidente y sordomuda, poseía una percepción, inteligencia y sensibilidad muy superiores a los de cualquier chimpancé, su testimonio conlleva en parte el tono emocional que este notable desarrollo en los modos de expresión de los primates puede producir en el chimpancé, sobre todo en un medio en que la posibilidad de comunicarse determina o refuerza considerablemente la supervivencia.

Un día, la instructora de la señorita Keller se dispuso a salir de paseo con su pupila. He aquí el relato de la paciente:

> …me trajo el sombrero, y por ello supe que iba a salir a la cálida luz del sol. Este pensamiento, si es que una sensación muda puede llamarse así, me hizo saltar de alegría.
>
> Bajamos caminando por el sendero que conducía a la caseta del pozo de la casa, atraídos por la fragancia de la madreselva que la cubría. Alguien estaba bombeando agua, y mi instructora me colocó la mano bajo el chorro. Mientras el fresco líquido se derramaba por mi mano, ella me tomó la otra y deletreó allí la palabra *agua*, primero lentamente y después con viveza. Permanecí inmóvil, concentrando la mente en el movimiento de sus dedos. De repente me asaltó como una vaga conciencia de algo olvidado…, la excitación de un pensamiento recobrado, y sin saber muy bien cómo me fue revelado el misterio del lenguaje. Supe entonces que A-G-U-A correspondía al maravilloso frescor que yo sentía resbalar por mi mano. Aquella palabra viva despertó mi alma, le infundió esperanza, la llenó de luz y de alborozo,

¡la liberó! Cierto es que todavía quedaban obstáculos que salvar, pero eran obstáculos que andando el tiempo podía vencer sin dificultad.

Me alejé del pozo con un deseo enorme de aprender. Ahora todo tenía un nombre, y cada nombre alumbraba otra idea. De regreso a la casa todos los objetos que palpaba parecían estremecerse llenos de vida. La causa de ello estaba en que ahora lo veía todo con la extraña y súbita visión que me había poseído.

Tal vez el aspecto más sobresaliente de estos tres hermosísimos párrafos sea la sensación que invadió a Helen Keller de que su mente tenía una aptitud latente para asimilar el lenguaje y que lo único que necesitaba era que se le enseñase el camino para acceder a él. Esta idea esencialmente platónica es compatible, como ya hemos visto, con los conocimientos que nos han deparado las lesiones del cerebro acerca de la fisiología del neocórtex, y también con las conclusiones teóricas deducidas por Noam Chomsky, del Instituto Tecnológico de Massachusetts, de la lingüística comparada y de los experimentos de laboratorio sobre procesos de aprendizaje. En el lapso de estos últimos años, se ha puesto de relieve que también el cerebro de los primates está preparado aunque probablemente no en el mismo grado, para este acceso a la expresión de las ideas mediante el lenguaje.

Resulta muy difícil sobreestimar los efectos que puede tener a la larga la enseñanza del lenguaje a los restantes primates. En el *Origen del hombre*, de Charles Darwin, hallamos un pasaje interesantísimo que dice textualmente: «La diferencia entre el intelecto humano y el de los animales superiores, con ser grande, es básicamente de grado y no de especie… Si pudiera demostrarse que determinadas funciones mentales de orden superior, como la formación de conceptos generales, la capacidad introspectiva, etcétera, son exclusivas del hombre, cosa que me parece muy dudosa, no es improbable que tales facultades se nos mostraran como simple resultado accesorio de otras cualidades intelectuales superiores que, a su vez, son en buena medida consecuencia del uso continuado de una lengua perfecta».

En el relato del Génesis sobre la Torre de Babel hallamos, también, un insólito reconocimiento de los extraordinarios poderes del lenguaje y de la intercomunicación entre los hombres. Recordemos que Dios, en lo que se nos antoja una extraña actitud de defensa inconcebible en un ser omnipotente, está preocupado ante la perspectiva de que los hombres erijan una torre que llegue hasta el cielo. (Desazón similar a la que expresa después de que Adán haya comido la manzana del árbol prohibido). Para impedir —en sentido metafórico— que el hombre llegue al cielo, Dios no opta por destruir la torre, como hiciera, pongamos por caso, con la ciudad de Sodoma, sino que dice: «¡Mirad! Forman una sola comunidad puesto que usan una misma lengua; y esto es sólo el principio de lo que pretenden hacer. Nada les impedirá llevar a cabo cuanto se propongan. Venid, descendamos pues y confundamos su lengua, de modo que no se entiendan unos a otros». (Génesis; 11,6-7).

El uso continuado de una lengua «perfecta»… ¿Qué forma de cultura, qué dase de tradición oral podrían establecer los chimpancés tras centenares o millares de años de uso comunal de un complejo lenguaje gestual? Y en el supuesto de que existiese esta comunidad aislada e ininterrumpida de chimpancés ¿cómo interpretarían el origen del lenguaje? ¿Acaso los Gardner y los investigadores del Centro de Primates de Yerkes serían oscuramente recordados como legendarios héroes populares o dioses de otra especie? ¿Existirían mitos, como los de Prometeo, Thot u Oannes, sobre unas criaturas divinas que otorgaron a los simios el don de la lengua? A decir verdad, la instrucción de los chimpancés en el plano del lenguaje gestual posee claramente las mismas connotaciones emotivas y sentido religioso que la secuencia (totalmente ficticia) de la película y de la novela *2001, una Odisea del espacio*, en la que el representante de una avanzada civilización extraterrestre instruye en cierta manera a nuestros antecesores homínidos.

Pero quizá el aspecto más singular de la cuestión sea el hecho de que, aparte del hombre, haya primates tan próximos al entorno del lenguaje, tan afanosos por aprender, tan asombrosamente facultados en lo que toca a su empleo y tan imaginativos una vez han aprendido a expresarse. Sin embargo, esta apreciación suscita una interesante pregunta: ¿*Por qué* están

en el entorno, en la periferia del lenguaje? ¿Por qué no encontramos primates, dejando de lado al hombre, que estén *ya* en posesión de perfeccionado lenguaje gestual? En mi opinión, una posible respuesta sería la de que el hombre ha exterminado de manera sistemática a los demás primates que mostraban signos de inteligencia. (Hipótesis especialmente aplicable al caso de los primates que habitaban en el llano, porque es de suponer que la selva ofrecería a gorilas y chimpancés relativa protección contra las depredaciones del hombre). Es posible que hayamos actuado como instrumento de la selección natural suprimiendo toda competencia en el plano intelectivo y que hayamos hecho retroceder los límites de la inteligencia y las facultades lingüísticas entre los primates distintos del hombre hasta el punto de que parezcan inexistentes. En consecuencia, enseñar a los chimpancés a expresarse por gestos equivale a intentar poner tardío remedio a los atropellos cometidos por nuestra especie.

6

RELATOS DEL OSCURO PARAÍSO

«Viejísimos somos los hombres,
nuestros sueños son relatos
narrados en un Edén de mortecina luz».

WALTER DE LA MARE, «*All That's Past*»

«—¡Vaya! —exclamó, al tiempo que avanzaba buscando la sombra de los árboles—. A fin de cuentas es un gran alivio con tanto calor como hace poder refugiarse en el…, en el… ¿En *qué*? —prosiguió, un tanto aturdida al no venirle a la mente la palabra justa—. Quiero decir eso de poder refugiarse bajo el…, bajo el, ¡bajo *esto*, córcholis! —y puso la mano sobre el tronco de un árbol—. Me gustaría saber cómo *se llama*. Pero, vamos a ver, ¿quién soy yo? *Tengo* que acordarme, ¡pues no faltaría más! ¡Estoy resuelta que así sea! —Pero estar decidida no le sirvió de gran cosa y después de mucho darle vueltas sólo acertó a decir: ¡Una ele, *sé* que empieza por ele!»

LEWIS CARROLL, *Alicia a través del espejo*

«No te interpongas entre el dragón y su furia.»

W. SHAKESPEARE, *El rey Lear*

«…Primeramente,
siendo irracionales como las bestias, di a los hombres juicio, les proveí de una mente…
En un principio, teniendo ojos, veían defectuosamente y pudiendo oír, no prestaban oído, sino que se agolpaban como fantasmas
en sueños, al indeciso relato de su pasado
confuso».

ESQUILO
Prometeo encadenado

Prometeo está poseído de justa indignación. Después de haber llevado la civilización a una humanidad confusa y llena de supersticiones, Zeus le castiga encadenándole a una roca y haciendo que un águila le coma las entrañas. En el pasaje que sigue a la cita que encabeza esta página Prometeo menciona las principales cosas que, a parte del fuego, ha enseñado al hombre. Son, por ese orden, la astronomía; las matemáticas; la escritura; la domesticación de animales; la invención de los carros, la navegación y la medicina, así como las artes adivinatorias mediante la interpretación de los sueños y otros métodos. Esta última enseñanza suena un tanto extraña a los oídos del hombre moderno. Junto con el relato del Génesis sobre la expulsión del paraíso, *Prometeo encadenado* parece erigirse en una de las obras capitales de la literatura de Occidente que contiene una alegoría plausible acerca de la evolución del hombre, si bien en lo que a este aspecto se refiere, se concentra más en el inspirador de la evolución que en el ser

evolucionado. En griego Prometeo significa «previsión», cualidad que algunos piensan se halla localizada en los lóbulos frontales del neocórtex. Tanto la presciencia como la ansiedad están presentes en el retrato del personaje de Esquilo.

¿Qué conexión existe entre los sueños y la evolución del hombre? Esquilo quizá está diciendo que nuestros antepasados pre-humanos vivían durante el día en un estado similar al de nuestro sueño nocturno y que una de las ventajas principales que comporta la expansión del intelecto humano es la facultad que nos confiere de interpretar la verdadera naturaleza e importancia de los sueños.

A lo que parece el ser humano conoce tres estados mentales de importancia: el estado de vigilia, de descanso y de ensoñación. Durante cada uno de estos tres estados, el electroencefalógrafo, aparato que detecta las ondas cerebrales, registra cuadros de actividad eléctrica muy diferentes. Las ondas cerebrales representan pequeñísimas corrientes y voltajes producidos por el sistema de circuitos eléctricos del cerebro. La potencia media de las señales que emiten las ondas cerebrales se mide en microvoltios. Las frecuencias normales oscilan entre 1 y alrededor de 20 hertzios (o ciclos por segundo), es decir, son inferiores a la frecuencia normal de 60 ciclos por segundo que poseen las corrientes alternas de las tomas de enchufe en Norteamérica[16].

Pero veamos qué beneficios se derivan del sueño. Es indudable que si permanecemos en pie, despiertos, más tiempo de la cuenta, el cuerpo genera sustancias neuroquímicas que nos fuerzan al descanso. Los animales a los que no se permite dormir generan estas moléculas en su fluido cerebroespinal, fluido que al ser inyectado en otros animales completamente despiertos provoca somnolencia de inmediato. Así pues, forzosamente tiene que haber una poderosísima razón que justifique el sueño.

La respuesta convencional tanto de la fisiología como de la curandería, es que el sueño tiene un efecto reparador y que es una oportunidad que se concede al organismo para hacer limpieza física y mental sin los agobios de la vida cotidiana. Sin embargo, aparte de la aparente credibilidad que dimana del sentido común, las pruebas a favor de esta teoría son escasas.

Además, hay en este aserto algunos aspectos, contradictorios. Por ejemplo, mientras duerme, un animal es excepcionalmente vulnerable. Aceptemos que son muchos los animales que descansan en nidos, cuevas, oquedades en los troncos de árboles o cualesquiera otros recónditos y encubiertos escondrijos, pero aun así siguen estando en gran medida impotentes mientras duermen. Es evidentísimo que por la noche somos muy vulnerables. Los griegos reconocieron a Morfeo y a Tanatos, dioses del sueño y de la muerte, como hermanos.

A menos que exista una manifiesta necesidad biológica del sueño, la selección natural habría cuidado de que aparecieran especies animales no necesitadas del reposo nocturno. En tanto que algunos animales como el perezoso de dos pies, el armadillo, la zarigüeya y el murciélago duermen diecinueve y veinte horas diarias, por lo menos en los períodos estacionales de torpor e hibernación, otros, como la musaraña común y la marsopa, duermen muy poco. También hay seres humanos que necesitan no más de tres o cuatro horas diarias de sueño. Trabajan en dos y tres empleos, por la noche se pasean o entretienen en fruslerías mientras la esposa duerme rendida de cansancio, y fuera de eso llevan una vida normal, activa y constructiva. Los antecedentes familiares indican que se trata de rasgos o disposiciones hereditarios. Sé de un caso en que el padre de familia y su hijita experimentaban el beneficio o contratiempo, según se mire, de la ausencia de sueño, con gran irritación por parte de la esposa, que ha terminado por divorciarse alegando lo que sin duda constituye una original incompatibilidad. A él le fue encomendada la custodia de la niña. Los ejemplos de este género vienen a demostrar que la hipótesis de la función regeneradora del sueño no es, en el mejor de los casos, suficientemente explicativa.

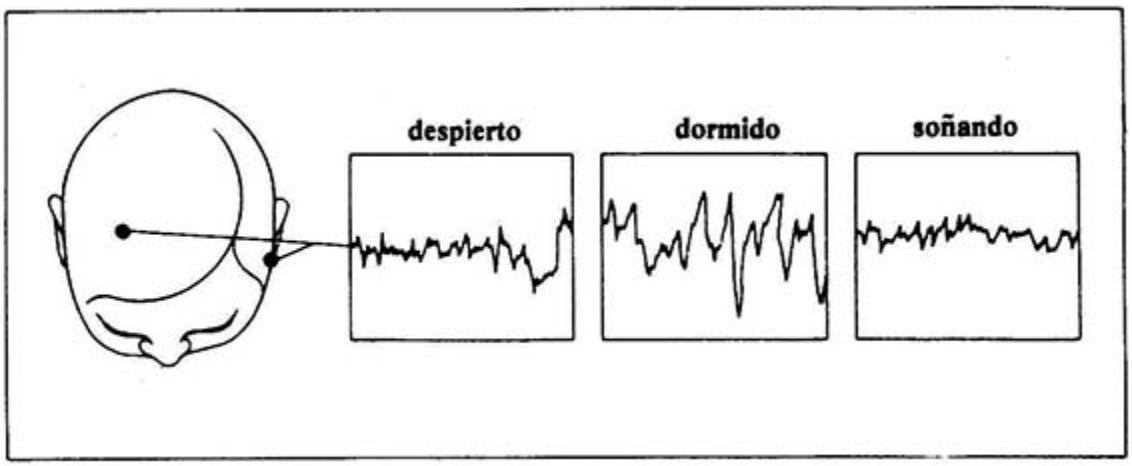


Ilustración 27. Gráficas características del electroencefalograma de un individuo normal en estado de vigilia, dormido y soñando.

Y, sin embargo, el descanso a través del sueño se remonta a un pasado lejano. Contemplándolo desde el prisma electroencefalográfico, es patrimonio de todos los primates y de casi todos los demás mamíferos y aves; hasta puede que afecte a los reptiles. En determinados individuos, la estimulación eléctrica espontánea de la amígdala con frecuencias de pocos ciclos por segundo (equivalentes a un reducido número de hertzios) puede provocar epilepsia del lóbulo temporal y un estado de comportamiento automático inconsciente. Se han divulgado casos de ataques, no muy distintos del sueño, mientras un individuo epiléptico conducía su automóvil de madrugada o a la hora crepuscular y entre el conductor y el sol se interponía una cerca o vallado de estacas puntiagudas. En efecto, a determinada velocidad, las estacas interceptan los rayos solares justo en la proporción crítica generadora de una oscilación luminosa en frecuencia resonante que desencadena dichos accesos. Se sabe positivamente que el ritmo circadiano —modificaciones rítmicas en las funciones fisiológicas que se producen con una periodicidad de veinticuatro horas— afecta incluso a especies tan insignificantes como los moluscos. Dado que, como veremos, mediante estimulación eléctrica de otras regiones límbicas en la base del lóbulo temporal, es posible inducir un estado que en algunos aspectos se asemeja al de ensoñación, parece obligado deducir que los centros que regulan el descanso nocturno y los sueños no pueden hallarse en puntos muy distantes de los recovecos cerebrales.

Últimamente se han obtenido indicios de que las dos clases de reposo nocturno o sea, con sueños o sin ellos, dependen de la forma de vida propia de cada especie. Truett Allison y Domenic Ciccheti, de la Universidad de Yale, han señalado que desde un punto de vista estadístico es mucho más probable que sueñen los depredadores que no sus víctimas, las cuales tienen, a la inversa, muchas más probabilidades de dormir sin experimentar sueño alguno. Estos estudios se centran exclusivamente en los mamíferos y sólo son válidos cuando se trata de poner de manifiesto las diferencias entre especies, no entre individuos de una misma especie. El animal que duerme y sueña está poderosamente inmovilizado y, detalle significativo, no responde a los estímulos externos. El reposo sin sueños es mucho menos profundo; todos hemos podido comprobar cómo los gatos y perros enderezan las orejas y aguzan el oído al captar un ruido, cuando en apariencia están profundamente dormidos. Otra convicción generalizada es la de que si un perro dormido contrae las patas como si estuviera corriendo, está soñando en una cacería. El hecho de que hoy en día las presas no lleguen a dormir con sueño profundo parece atribuible a la selección natural. Sin embargo, nada impide que organismos hoy constreñidos en buena parte a jugar el papel de presa tuvieran antepasados depredadores, y a la inversa. Además, por regla general los depredadores presentan una mayor masa cerebral, en términos absolutos, y una mayor razón de proporcionalidad entre dicha masa y su peso corporal que la que ofrecen sus presas. Habida cuenta de las incidencias evolutivas que ha experimentado el sueño, actualmente aceptamos sin vacilaciones la idea de que los animales inferiores duermen menos profundamente y están por ello más libres de movimientos que los de orden superior. Pero ¿por qué este sueño tan profundo? ¿Qué motivo la aparición de ese estado de profunda inmovilización?

Tal vez un indicio revelador de la función que primitivamente desempeñaba el sueño radica en el hecho de que los delfines y las ballenas, así como los mamíferos acuáticos en general, parece que duermen muy poco. Generalizando, cabe decir que en el océano no hay lugar donde esconderse. En tal caso, ¿no podría ser que el sueño, en vez de aumentar la vulnerabilidad del animal, la redujese? Wilse Webb, de la Universidad de

Florida, y Ray Meddis, de la Universidad de Londres, así lo han afirmado. Las pautas que exhibe cada especie animal en lo que al sueño se refiere se acoplan maravillosamente al medio ecológico en el que se desenvuelve su vida. Así pues, resulta concebible que los animales demasiado obtusos para permanecer quietos por propia iniciativa se vean inmovilizados por el sueño durante los períodos en que les acechan graves riesgos. Esta consideración nos parece especialmente aplicable a las crías de los depredadores. Así, los cachorros de tigre, además de tener una coloración que los protege con suma eficacia, duermen también muchísimo. La idea ofrece interés y seguramente hay en ella parte de verdad, si bien no lo explica todo. ¿Qué necesidad tienen los leones de dormir si apenas cuentan con enemigos naturales? La pregunta no encierra una objeción demoledora, pues quizá los leones evolucionaran a partir de otras especies que no tenían el mismo papel dominante que hoy les corresponde. Asimismo, los gorilas adolescentes, que tampoco tienen gran cosa que temer, se construyen todas las noches un cobijo en los árboles, tal vez porque sus antecesores eran más vulnerables. También entra en lo posible que los ascendientes de leones y gorilas temieran las acechanzas de depredadores más feroces que ellos mismos.

Ilustración 28. Un nido con huevos de *Protoceratops*, del período cretáceo, hallado en la República Popular de Mongolia.

La hipótesis de la inmovilización parece singularmente válida cuando se toma en cuenta la evolución de los mamíferos, que aparecieron en un período en el que prevalecían sibilantes, descomunales y terroríficos reptiles. Sin embargo, casi todos los reptiles son animales de sangre fría[17] y, salvo en los trópicos, al caer la noche se ven constreñidos a una absoluta inmovilidad. En cambio, los mamíferos, por ser de sangre caliente, se desenvuelven bien en la oscuridad nocturna. Es muy posible que durante el período triásico, hará cosa de doscientos millones de años, las oscuras zonas ecológicas no tropicales estuviesen prácticamente desocupadas. Harry Jerison ha manifestado que con la aparición de los mamíferos, el oído y el olfato —sentidos que permiten adivinar distancias y objetos durante la noche— se potenciaron hasta extremos que entonces parecían inauditos y que hoy sé nos antojan normales. Por otra parte, Jerison considera que el sistema límbico fue fruto de la necesidad de procesar el rico acopio de datos suministrado por estos sentidos notablemente perfeccionados. (Buena parte del tratamiento de la información visual de los reptiles opera en la retina, no

en el cerebro; el mecanismo de procesamiento óptico del neocórtex fue en gran parte un fenómeno evolutivo posterior).

Es posible que los primeros mamíferos tuvieran vital necesidad de permanecer aletargados y ocultos durante el día, mientras los reptiles depredadores campaban a su antojo. Con ello trato de evocar una escena de la última etapa del mesozoico en el que los mamíferos dormían a intervalos durante el día y los reptiles hacían lo propio durante la noche, momento en que hasta los más inermes protomamíferos carnívoros podían suponer una amenaza real para los adormilados reptiles de sangre fría, y muy en especial para sus nidadas.

A juzgar por el volumen endocraneal (véase la figura de la ilustración 3), los dinosaurios eran, comparados con los mamíferos, singularmente lerdos. Para tomar algunos ejemplos «bien conocidos» digamos que el *Tyrannosaurus rex* poseía un volumen cerebral de unos 200 c.c.; el *Brachiosaurus*, 150 c.c.; el *Triceratops*, 70 c.c.; el *Diplodocus*, 50 c.c. y el *Stegosaurus*, 30 c.c. Ninguno de ellos se aproximaba a la masa cerebral absoluta del chimpancé. El Stegosaurus que pesaba dos toneladas, era probablemente mucho más obtuso que un conejo. Cuando uno piensa en el formidable peso de los dinosaurios, aún sorprende más la pequeñez de su cerebro. El *Tyrannosaurus* pesaba 8 toneladas; el *Diplodocus*, 12, y el *Brachiosaurus*, 87. En este último, la proporción masa cerebral/peso del cuerpo era diez mil veces más pequeña que la del hombre. De la misma forma que los tiburones son los peces dotados de un cerebro más grande en relación con el peso del cuerpo, los dinosaurios carnívoros como el *Tyrannosaurus* tenían un cerebro proporcionalmente más grande que otros de tipo herbívoros, como el *Diplodocus* y el *Brachiosaurus*. No me cabe duda de que el *Tyrannosaurus* era una eficiente y terrorífica máquina de matar. Sin embargo, y a pesar de su pavorosa apariencia, los dinosaurios se nos antojan vulnerables ante adversarios pertinaces e inteligentes como los primeros mamíferos.

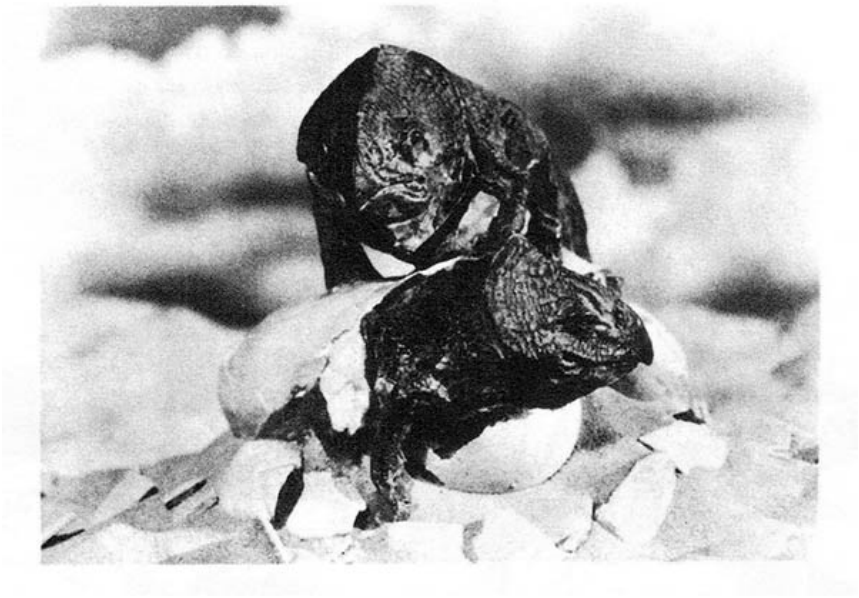


Ilustración 29. Crías de Protoceratops saliendo del cascarón (reconstrucción).

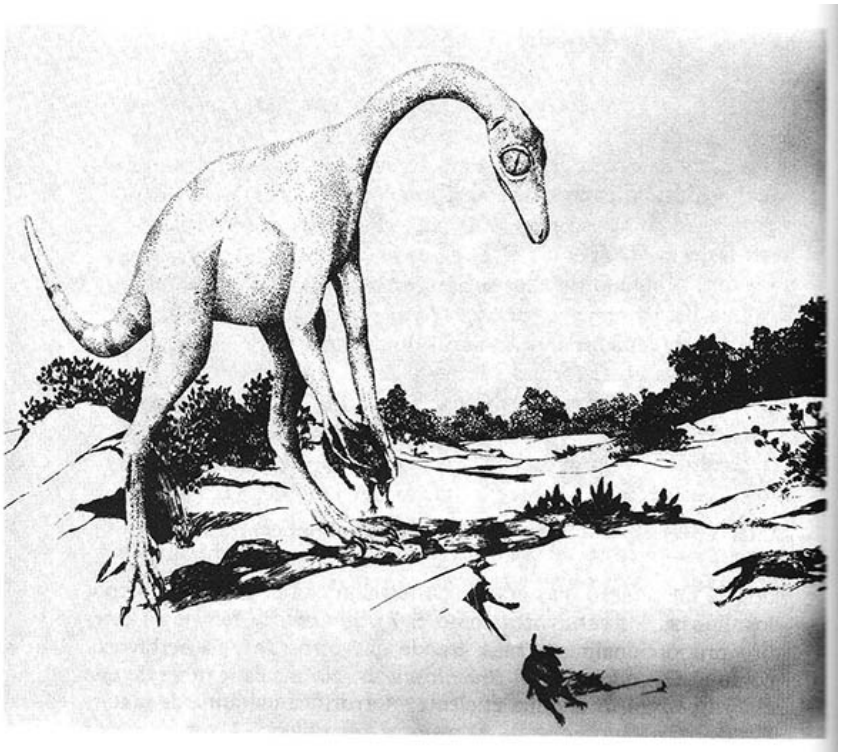


Ilustración 30. Dibujo de un *Saurornithoides*, pequeño e inteligente dinosaurio, en el momento de atrapar a un mamífero. Se han encontrado vestigios de estos animales en Canadá y en la República Popular de Mongolia pertenecientes al período cretáceo.

La escena mesozoica que antes nos representábamos tiene curiosas resonancias de vampirismo: durante el día eran los reptiles carnívoros los que cazaban a los inteligentes y aletargados mamíferos, mientras que por la noche eran los mamíferos carnívoros los que hacían presa en los torpes y

obtusos reptiles. Si bien éstos enterraban los huevos que depositaban sus hembras, no es probable que asumieran la defensa activa de las nidadas ni de las crías. Existen pocos ejemplos de este comportamiento, incluso entre los reptiles de nuestros días, por lo que resulta difícil imaginarse a un *Tyrannosaurus rex* incubando sus huevos. Todo ello nos induce a suponer que los mamíferos ganaron la vital contienda de los vampiros; al menos algunos paleontólogos creen que la extinción de los dinosaurios se aceleró debido a las predaciones nocturnas de los primeros mamíferos en las que engullían los huevos de los reptiles. Dos huevos de gallina[18] para desayunar puede ser todo lo que resta —al menos en apariencia— de esta remotísima cocina de los mamíferos.

Atendiendo al criterio de la proporción entre masa cerebral y masa corpórea los más inteligente de los dinosaurios son los *Saurornithoides*, que por regla general poseen una masa cerebral de unos 50 gramos frente a los aproximadamente 50 kilogramos de peso corporal, proporción que los sitúa próximos al avestruz en la tabla de la ilustración 4. Ciertamente guardan un parecido con esta ave corredora. Sería muy revelador examinar los moldes endocraneales de sus fósiles. Probablemente se alimentaban de pequeños animales y utilizaban los cuatro dedos de sus apéndices, parecidos a las manos, para múltiples tareas. (Véase la ilustración 30)

Resulta interesante especular sobre estos animales. En el supuesto de que los dinosaurios no se hubiesen extinguido misteriosamente hace alrededor de sesenta y cinco millones de años, ¿habría el Sauromithoides continuado su progreso hacia formas cada vez más inteligentes? ¿Habría aprendido a cazar en grupo a los grandes mamíferos impidiendo con ello la gran proliferación de esta clase animal que siguió al término de la era mesozoica? De no haber sido por la extinción de los dinosaurios ¿serían las formas hoy dominantes en la Tierra descendientes de los *Saurornithoides*, autores y lectores de libros, entregados a reflexiones acerca del rumbo que habrían tomado las cosas si los mamíferos hubiesen ganado la batalla? ¿Pensarían las formas dominantes que la base aritmética 8 era lo normal y que la base 10 era un ringorrango exclusivo de la «nueva matemática»?

Una porción considerable de lo que consideramos sucesos importantes acaecidos durante las últimas decenas de millones de años de la historia de la Tierra parece estar supeditado a la extinción de los dinosaurios. Puede decirse que se han avanzado docenas de hipótesis científicas para explicar este hecho, que parece haberse producido con inusitada rapidez y eficacia, tanto en lo que respecta a las formas terrestres como a las acuáticas. Las explicaciones propuestas sólo parecen parcialmente satisfactorias, y van desde los cambios climáticos brutales hasta la extinción de una planta que por lo visto tenía propiedades laxantes, en cuyo caso los dinosaurios murieron víctimas de estreñimiento.

Una de las más interesantes y fundamentadas hipótesis, formulada por vez primera por I. S. Shklovskii, del Instituto de Investigación Cósmica de la Academia de Ciencias de Moscú, es la de que los dinosaurios murieron a causa de la explosión de una supernova próxima. El estallido de esta estrella moribunda, situada a unas decenas de años luz, ocasionaría un inmenso flujo de partículas cargadas con alta energía que penetró en nuestra atmósfera, alteró sus propiedades y tal vez destruyó la capa de ozono atmosférico, permitiendo la filtración de cantidades mortíferas de rayos ultravioleta. Es posible que los animales noctámbulos, como los mamíferos de aquella época, o los animales que vivían en el fondo de las aguas, como los peces, sobrevivieran a esta fantástica radiación de ultravioletas de gran potencial energético. Pero los animales que merodeaban a la luz del día y que vivían en la tierra o en la superficie de las aguas, sufrirían más que ningún otro las consecuencias de la dañina filtración. Esta catástrofe recibiría una denominación apropiada: el término en sí pasaría a significar «mala estrella».

Ilustración 31. Reconstrucción de un paisaje del cretáceo en una región pantanosa del sector occidental de Canadá. La mayor parte de los dinosaurios representados en la ilustración son bípedos y hervíboros. Por lo que sabemos, todas estas formas se extinguieron al cabo de poco tiempo.

Suponiendo que esta concatenación de hechos sea exacta, el flujo principal de la evolución biológica en el planeta Tierra durante los últimos sesenta y cinco millones de años, y, ni que decir tiene, la existencia misma del ser humano, es resultado de la extinción de un distante sol. Tal vez otros planetas giraban en su órbita y quizás uno de ellos conoció una rica eclosión de formas biológicas evolucionadas penosamente a lo largo de miles de millones de años. No cabe duda de que la explosión de la supernova hubiese extinguido todo vestigio de vida en este planeta y hasta, probablemente, diluido su atmósfera en el espacio. ¿Debemos nuestra existencia a una sobrecogedora catástrofe estelar que por otra parte, destruyó mundos y biosferas?

Después de la extinción de los dinosaurios, los mamíferos se desplazaron a zonas ecológicas con predominio de la luz diurna. Seguramente, el miedo que el primate tiene a la oscuridad es un hecho relativamente moderno. Washburn sostiene que las crías de los babuinos y otros primates jóvenes sólo albergan tres temores congénitos: el miedo a las caídas, a las serpientes y a la oscuridad, que corresponden respectivamente a los peligros que suponían para los moradores de los árboles la gravitación newtoniana, los reptiles, adversarios perpetuos del hombre y, en fin, los

mamíferos depredadores nocturnos, que debieron infundir considerable terror a los primates, guiados básicamente por el sentido de la vista.

Si la hipótesis vampírica es cierta —y las probabilidades de que lo sea son muchas— la función del sueño está profundamente impresa en el cerebro de los mamíferos. Desde la época en que apareció esta clase de animales, el sueño fue un factor decisivo de cara a la supervivencia. Teniendo en cuenta que para los primeros mamíferos las noches insomnes hubieran entrañado más peligro para la supervivencia de sus grupos taxonómicos que las noches sin relación sexual, es indudable que el sueño constituyó un impulso más fuerte que el sexo, como parece ser el caso, también, en la mayoría de nosotros. Pero con el tiempo los mamíferos evolucionaron hasta el extremo de que el sueño se modificó a tenor de las nuevas circunstancias. Al extinguirse los dinosaurios, la luz diurna se convirtió súbitamente en un medio benévolo para los mamíferos. La inmovilización durante el día dejó de ser compulsiva, y lentamente fueron apareciendo diversidad de comportamientos respecto al sueño, incluida la actual correlación entre la intensa ensoñación de los mamíferos depredadores y el adormilamiento alerta y carente de sueños de las presas. Es posible, incluso, que las personas a las que bastan unas pocas horas de sueño sean los precursores de una nueva adaptación humana destinada a obtener el máximo partido de las veinticuatro horas del día. El autor, sinceramente, confiesa su envidia ante una adaptación de este género.

Estas conjeturas sobre los orígenes de los mamíferos constituyen una especie de mito científico. Quizás haya en ellas un atisbo de verdad, pero es poco probable que ofrezcan una explicación completa. La circunstancia de que los mitos científicos entronquen con mitos más antiguos puede ser o no una simple coincidencia. Es muy posible que seamos capaces de inventar mitos científicos sólo porque anteriormente hemos estado expuestos a la influencia de mitos de la otra especie. Con todo, no resisto a la tentación de relacionar esta versión del origen de los mamíferos con otro curioso aspecto del mito sobre la expulsión del Paraíso contenido en el Génesis. Porque, ni que decir tiene, es precisamente un reptil el que ofrece a Adán y Eva el

fruto del conocimiento del bien y del mal, es decir, las funciones abstractas y morales localizadas en el neocórtex.

En la actualidad quedan en la Tierra poquísimas especies de reptiles de gran tamaño. La más curiosa es el dragón de Komodo, en Indonesia, reptil de sangre fría, no muy inteligente, pero un depredador de estremecedora pertinacia en la consecución de sus objetivos. Con suma paciencia acechará a un ciervo o a un verraco dormidos para, repentinamente, cercenarles un cuarto trasero y dejar que la víctima se desangre hasta morir. Rastrean la presa por el olor. El dragón que sale a la caza de presa avanza pesadamente, con pasitos cortos, la cabeza gacha y la lengua bífida cerca del suelo para detectar la presencia de sustancias químicas. Los adultos más corpulentos pesan unos 135 kilogramos, miden tres metros de largo y posiblemente viven más de cien años. Para proteger sus nidadas el dragón excava fosos de dos a nueve metros de profundidad, lo que probablemente constituye una defensa contra los mamíferos que se nutren de huevos de reptiles y contra ellos mismos, ya que se ha podido comprobar que en ocasiones los adultos acechan una nidada en espera de que las crías salgan del cascarón y poder engullir un apetitoso bocado. Las crías de los dragones moran en los árboles, lo que debe interpretarse como otra clara adaptación defensiva contra las incursiones de los depredadores.

Ilustración 32. *Varanus komodoensis*, el dragón de Komodo (Isla de Komodo, Indonesia).

La singular meticulosidad de estas adaptaciones demuestra claramente que los dragones pasan por un trance difícil. El hábitat del dragón de Komodo se reduce a las selvas de las pequeñas islas Sonda[19], y no quedan más que unos dos mil especímenes. La oscura reconditez de los lugares que habitan indica sin lugar a dudas que los dragones están en vía de extinción debido a la actividad predadora de los mamíferos, en especial del hombre, conclusión deducida de los avatares que su existencia ha conocido a lo largo de los dos últimos siglos. Todos los especímenes con formas de adaptación menos perfectos o que habitaban en lugares más accesibles se han extinguido. Incluso he llegado a preguntarme si la sistemática diferenciación de mamíferos y reptiles (véase la figura de la ilustración 3) atendiendo a la proporción entre masa cerebral y corporal no será una consecuencia de la acción exterminadora de los mamíferos depredadores, que han ido dando muerte a los especímenes de dragones más inteligentes. En todo caso, es muy probable que la nutrida población de grandes reptiles

haya venido disminuyendo desde el término de la era mesozoica y que hace tan solo mil o dos mil años había muchos más reptiles de gran tamaño de los que hay en la actualidad.

Seguramente no es un hecho casual que las leyendas populares de muy diversas culturas contengan alusiones míticas a los dragones[20]. La implacable hostilidad entre el hombre y el dragón, como demuestra la leyenda de San Jorge, es más acentuada en Occidente. (En el capítulo 3 del Génesis, Dios dispone que haya perpetua enemistad entre los reptiles y el hombre). De todos modos, no se trata de una simple peculiaridad de nuestro hemisferio; antes bien, el fenómeno tiene carácter universal. ¿Es una mera coincidencia que los sonidos onomatopéyicos que el hombre emite para reclamar silencio o llamar la atención tengan extraño parecido con el silbido de los reptiles? ¿Puede pensarse que los dragones llegasen a constituir un gravísimo peligro para nuestros antecesores protohumanos de hace unos cuantos millones de años, y que el terror que suscitaban, junto con las muertes que causaban, impulsaran la evolución del intelecto humano? ¿O debemos considerar, quizá, que la alegoría de la serpiente constituye una referencia a la utilización del componente reptílico agresivo y ritualista de nuestro cerebro en la posterior evolución del neocórtex? Salvo una excepción, el relato del Génesis acerca de la serpiente que tienta al hombre en el jardín del Paraíso es el único caso expuesto en la Biblia en que el ser humano acierta a comprender el lenguaje de los animales. ¿No es posible que el temor a los dragones fuera en realidad temor a una parte de nosotros mismos? Sea como fuere, sin la menor duda en el Paraíso había dragones.

Ilustración 33. San Jorge dando muerte al dragón, obra de Donatello (Iglesia di Or San Michele, Florencia).

El fósil de dinosaurio más moderno se remonta a unos sesenta millones de años. Los antecesores del hombre (no, sin embargo, el género *Homo*) vivieron hace unos diez millones de años. ¿Es concebible que criaturas antropoides llegaran a coexistir con el *Tyrannosaurus rex*? ¿Es posible que hubiera dinosaurios que lograran escapar a la muerte a fines del período cretáceo? ¿Cabe pensar que los sueños pertinaces y el temor generalizado que sienten los niños hacia los «monstruos» tan pronto son capaces de hablar, sean vestigios evolucionistas de respuestas sumamente adaptativas —al estilo de los babuinos— a la amenaza de los dragones y las aves nocturnas[21]?

Ilustración 34. La tentación de Adán y Eva por una serpiente antropomorfa y su expulsión del paraíso, obra de Miguel Ángel (frescos de la Capilla Sixtina).

¿Qué cometido cumplen los sueños en la actualidad? En una reputada publicación científica se expresó el criterio de que la función de los sueños es alertarnos de vez en cuando para comprobar que nadie nos acecha para devorarnos. Pero el caso es que los sueños ocupan una parte tan reducida del sueño normal, que esta explicación no parece muy satisfactoria. Por si fuera poco, hemos visto ya que los indicios apuntan precisamente en dirección contraria, o sea que en nuestros días son los mamíferos predadores y no sus presas los que sueñan con profusión. Consideramos mucho más verosímil la explicación que, basándose en los principios que rigen el funcionamiento de los computadores, estima que los sueños

constituyen una «fuga» del procesamiento inconsciente de los sucesos de la jornada, un escape de la decisión que toma el cerebro sobre el número de eventos diarios, temporalmente almacenados en una especie de «memoria intermedia», que han de incorporarse a la memoria duradera. Muchas veces soñamos en cosas acaecidas el día anterior, y con menos frecuencia en los sucesos de dos días antes. De todos modos, no parece que el símil de la «fuga» y de la memoria intermedia baste para explicar satisfactoriamente el proceso, porque no explica en absoluto los tan característicos enmascaramientos del lenguaje simbólico de los sueños, tema que Freud fue el primero en plantear. Tampoco explica la carga emotiva de los sueños. Estoy seguro de que mucha gente se ha sentido infinitamente más atemorizada en sueños que no en estado de vigilia.

Las funciones de evacuación y almacenamiento de datos acumulados en la memoria efímera que cumplen los sueños tienen algunas interesantes repercusiones de orden social. El psiquiatra norteamericano Ernest Hartmann, de la Universidad de Tufts, ha proporcionado pruebas un tanto anecdóticas pero razonablemente persuasivas de que los individuos que desarrollan actividades intelectuales durante el día, sobre todo si no están familiarizados con ellas, necesitan dormir más horas por la noche, en tanto que, por regla general, aquellos que realizan actividades básicamente repetitivas y tareas monótonas desde el punto de vista intelectual necesitan menos descanso nocturno. Sin embargo, las sociedades modernas, en parte por razones de orden organizativo, están estructuradas como si todos los hombres tuvieran las mismas necesidades de descanso, y en muchos países se interpreta como prueba de rectitud moral el hecho de levantarse temprano. La cantidad de horas de descanso requeridas para llevar a cabo la evacuación de datos dependería pues de cuánto hayamos reflexionado y experimentado desde el último período de sueño. (No existen indicios de que la casualidad opere en orden y dirección contrarios; que sepamos, los individuos que se drogan con fenobarbital no llevan a cabo actividades intelectuales insólitas durante los períodos de vigilia entre una y otra toma). A este respecto sería interesante estudiar el caso de los individuos insomnes para determinar si la fracción de tiempo de sueño durante la que padecen ensoñaciones es más dilatada que la de aquellos otros que necesitan dormir

un número de horas normal, así como establecer si el tiempo de sueño y de ensoñación aumenta en función de la calidad y cantidad de sus experiencias de aprendizaje en estado de vigilia.

Michel Jouvet, neurólogo francés que profesa en la Universidad de Lyon, ha descubierto que el sueño acompañado de ensoñaciones se genera en el pons, que si bien está ubicado en el cerebro posterior, constituye un aporte evolutivo característico de los mamíferos y acaecido en una fase tardía. Por otra parte, Penfield ha descubierto que la estimulación eléctrica de la parte interna y zona subyacente del lóbulo temporal comprendida en los límites del neocórtex y del complejo límbico, puede llegar a producir en los epilépticos un estado consciente muy similar al de unos sueños despojados de sus aspectos simbólicos y fantásticos. También puede inducir la experiencia *déjà vu*. Muchos de los sentimientos que acompañan a los sueños, incluido el temor, pueden ser provocados mediante una estimulación eléctrica de este género.

En cierta ocasión tuve un sueño que desde entonces no ha dejado de atormentarme. Soñé que estaba hojeando distraídamente un voluminoso texto de historia. Juzgando por las ilustraciones puedo asegurar que el libro analizaba con parsimonia y método, como suele ocurrir con este tipo de obras, el decurso de los siglos: época clásica, edad media, renacimiento y demás, acercándose de manera gradual a la era moderna. Pero, casi sin darme cuenta, allí estaba la Segunda Guerra Mundial, a la que se destinaban alrededor de doscientas páginas. Con creciente interés me sumí en el texto hasta tener la completa seguridad de que había ido más allá de la época en que vivía. Era, en fin, un libro de historia que comprendía el futuro, como si al girar la página del calendario cósmico correspondiente al 31 de diciembre me encontrara ante una crónica detallada de los sucesos acaecidos el 1 de enero. Conteniendo la respiración traté —así literalmente— de leer el futuro. Pero todo fue en vano, pues sólo conseguía descifrar términos aislados. Cierto es, pude discernir trozos o letras sueltas, pero sin conseguir jamás aglutinarlas en palabras ni las palabras en frases. Sufría de alexia.

Tal vez se trate de una simple metáfora sobre la imprevisibilidad del futuro, pero siempre que retorna el sueño, invariablemente, siento que soy incapaz de leer. Puedo reconocer, por ejemplo, una señal de tráfico con el

stop por el color y la forma octogonal, pero no leer la palabra STOP, por más que sepa que está escrita allí. Asimismo, tengo la sensación de que comprendo el sentido de una página impresa, pero no porque haya leído palabra por palabra o frase por frase. En estado de ensoñación ni siquiera soy capaz de efectuar las más sencillas operaciones aritméticas con un mínimo de garantías. Por otra parte, cometo una buena gama de confusiones verbales sin aparente significado simbólico, como pueda ser el hecho de mezclar Schumann con Schubert. En suma, padezco un poco de afasia y estoy completamente aléxico. No toda la gente que conozco sufre este mismo deterioro cognoscitivo en estado de ensoñación, pero con frecuencia muchos individuos experimentan algún tipo de menoscabo. (Digamos de paso que los ciegos de nacimiento tienen sueños auditivos, no visuales). Mientras uno sueña no puede decirse en modo alguno que el neocórtex permanezca inactivo, pero sí que parece sufrir importantes desajustes.

Seguramente tiene su importancia resaltar el hecho evidente de que tanto los mamíferos como las aves sueñan, pero no los reptiles, su antepasado común. Siempre que se ha producido un suceso evolutivo importante, superada la fase reptílica, se ha visto acompañado por el surgimiento de sueños, que tal vez constituyan una exigencia inherente a este cambio evolutivo. Las fluctuaciones eléctricas que se detectan en los sueños de las aves son episódicas y de corta duración. Cuando sueñan, lo hacen por espacio de un segundo, poco más o menos, en cada ocasión. Sin embargo, desde un punto de vista evolutivo, las aves guardan una más estrecha relación con los reptiles que los mamíferos. Si sólo dispusiéramos de pruebas concernientes a estos últimos, el argumento sería menos consistente, pero dado que ambos importantes grupos taxonómicos, evolucionados a partir de los reptiles, se ven compelidos a soñar, debemos considerar con atención esta coincidencia. ¿Por qué un animal que ha evolucionado de un reptil se ve compelido a soñar en tanto que otros animales no lo hacen? ¿Cabría explicarlo, quizás, por el hecho de que el cerebro reptiliano todavía subsiste y sigue funcionando?

En estado de ensoñación es muy raro que cortemos por lo sano y nos digamos: «Se trata sólo de un sueño». Por regla general le damos al sueño un barniz de realidad. Los sueños no se atienen a norma alguna de

consistencia interna; son un mundo de magia y de ritual, de pasión y de rebeldía, pero muy raras veces de escepticismo y frío razonamiento. Acudiendo a la metáfora del cerebro trino, los sueños vendrían a ser hasta cierto punto una función del complejo R y de la corteza límbica, pero no de la parte racional del neocórtex.

Experimentos llevado a cabo demuestran que mientras transcurre la noche nuestros sueños se adentran más y más en el pasado, hasta el punto de utilizar ingredientes de nuestra infancia y niñez. Al propio tiempo, aumentan también los procesos primarios y el contenido emocional del sueño. Existe mayor probabilidad de que evoquemos sensaciones de nuestra infancia poco antes de despertarnos que no después de dormirnos. Parece realmente como si la integración de la experiencia de la jornada en nuestra memoria, la construcción de nuevas conexiones neurales, sea bien una tarea más fácil bien una labor más urgente. Conforme discurre la noche y se completa dicha función emergen los sueños con mayor carga afectiva, las recordaciones más extravagantes, el temor, la libidinosidad y otras emociones intensas que pueblan el mundo onírico. Avanzada la noche, cuando todo está en calma y han sobrevenido ya las ensoñaciones obligadas en torno al acontecer cotidiano, empiezan a revolverse las gacelas y los dragones de nuestra mente.

Uno de los medios más eficaces para el estudio de los estados de ensoñación corresponde a la iniciativa de William Dement, psiquiatra de la Universidad de Stanford, hombre mentalmente sano donde los haya, pero que ostenta un nombre chocante habida cuenta de su profesión[22]. El estado de ensoñación va acompañado por rápidos movimientos conjugados de los ojos, los llamados REM *rapid eye movements*, que es posible detectar mediante unos electrodos que se aplican suavemente a los párpados durante el sueño y, también, mediante una onda cerebral característica que se observa en el electroencefalograma. Dement ha descubierto que todo el mundo sueña numerosas veces al cabo de la noche. Al despertar, cuando el individuo se halla sumido en la bruma de este sueño que hemos dicho va acompañado de rápidos movimientos conjugados de los ojos, recuerda por lo general el contenido de su ensoñación. Ateniéndonos a las pautas del REM y del electroencefalograma se ha podido determinar que gran número

de individuos que alegan no tener nunca ensoñaciones sueñan como el que más; la prueba está en que cuando se les despierta en el momento oportuno admiten con cierta sorpresa que han estado soñando. Durante el estado onírico el cerebro humano se halla en un estado fisiológico característico, y hay que decir que soñamos con bastante frecuencia. Aun cuando tal vez un veinte por ciento de los individuos despertados durante la fase de sueño REM no recuerdan sus fantasías nocturnas y alrededor de un diez por ciento despertados en otra fase distinta dicen haber estado soñando, nosotros, por razones de conveniencia, equipararemos el sueño en la fase REM y las consiguientes ondas cerebrales registradas en el electroencefalograma con el estado de ensoñación.

Existen indicios de que soñar es necesario. Cuando el hombre u otros mamíferos se ven privados del sueño REM (siendo despertados tan pronto aparecen los registros característicos del REM y del electro) aumenta el número de iniciaciones del estado de ensoñación por noche y, en los casos graves, las alucinaciones durante el día, esto es, sueños en estado de vigilia. He dicho ya que los registros de ensoñaciones por el REM y el electroencefalograma son breves en las aves y no aparecen en los reptiles. Al parecer, los sueños son básicamente una función de los mamíferos y, lo que es más, en el hombre el reposo nocturno acompañado de sueños es más intenso durante el período postnatal. Aristóteles afirmó con bastante contundencia que los lactantes no sueñan. Por el contrario, se ha comprobado que en muchos casos pasan soñando la mayor parte del tiempo. Los neonatos alumbrados dentro del plazo de gestación normal sueñan, por lo que toca al estado de ensoñación REM, durante más de la mitad del tiempo en que están dormidos. Los lactantes nacidos con unas pocas semanas de antelación sueñan durante las tres cuartas partes o más del tiempo total dedicado al sueño, y en la fase intrauterina, es muy probable que el feto esté soñando todo el tiempo. (Ciertamente, se ha observado que los gatitos acabados de nacer permanecen mientras duermen sumidos en la fase REM). En tal caso, la recapitulación vendría a indicar que la ensoñación es, básicamente, una función propia de los mamíferos que se configuró en una etapa primeriza de la evolución.

Existe otra conexión entre la infancia y los sueños y es el hecho de que van seguidos de amnesia. Cuando salimos de uno u otro estado nos cuesta muchísimo recordar las escenas que hemos vivido. Yo diría que en los dos casos, el hemisferio izquierdo del neocórtex, que regula la rememoración analítica, ha funcionado falto de eficacia. Otra posible explicación sería que tanto en sueños como en los primeros meses de nuestra existencia padecemos una especie de amnesia traumática porque nos resulta demasiado doloroso recordar las experiencias. Sin embargo, olvidamos muchísimos sueños francamente agradables y, por otra parte, resulta difícil creer que la infancia sea *tan poco* placentera. Hay que decir también que algunos niños consiguen recordar hechos y sensaciones de las primeras etapas de sus vidas. No son muy raras las evocaciones de experiencias que se remontan al primer año de existencia, y seguramente incluso más tempranas. Cuando mi hijo Nicolás tenía tres años se le pidió que hablara del suceso o sensación más lejanos que pudiera recordar. Con tono sosegado y la mirada fija en un punto intermedio de la estancia respondió: «Recuerdo que era rojo y que hacía mucho frío». El chico había nacido tras serle practicada a la madre una cesárea. Aunque improbable, me pregunto si esta respuesta entraña una efectiva recordación del momento del parto. En cualquier caso, pienso que la explicación más probable a la amnesia que acompaña a los sueños, especialmente a los de infancia, deriva del hecho de que en dichos estados nuestra vida mental viene regida casi enteramente por el complejo R, el sistema límbico y el hemisferio cerebral derecho. Durante la primera infancia el neocórtex está insuficientemente desarrollado; en caso de amnesia, ha sufrido menoscabo.

Existe una sorprendente correlación entre las erecciones de pene o de clítoris y el sueño REM, incluso cuando las ensoñaciones no tengan un manifiesto contenido erótico. En los primates, como no, estas erecciones están relacionadas con el apetito sexual, y también con la agresividad y el mantenimiento de las jerarquías sociales. Pienso que, cuando soñamos, una parte de nosotros participa en actividades bastante similares a las de los titís que tuve ocasión de ver en el laboratorio de Paul MacLean. El complejo R interviene en los sueños de los humanos; pueden oírse los resoplidos y sacudidas de los dragones y, también, el tonante aullido de los dinosaurios.

Una excelente demostración del crédito que puedan merecer las ideas científicas es su subsiguiente confirmación. Se postula una teoría sobre la base de ciertos indicios, y luego se lleva a cabo un experimento en relación con la misma cuyo resultado no puede conocerse con antelación por parte de quien lo ha propuesto. Si el experimento confirma la idea original, se considera que se trata de una teoría consistente y merecedora de apoyo. Freud estimó que buena parte, si no toda, la «energía psíquica» de las emociones afectas por los procesos primarios y los ingredientes que componen los sueños tienen originariamente una raíz sexual. El papel absolutamente esencial que desempeña la atracción sexual de cara a la propagación de las especies hace que esta idea no sea disparatada ni corrupta, como opinaban muchos de los bienpensantes y Victorianos contemporáneos de Freud. Por su parte, Carl Gustav Jung sostuvo que Freud había concedido desmesurada primacía al sexo en las cuestiones del inconsciente. Sin embargo, hoy, transcurridos tres cuartos de siglo, los experimentos de laboratorio efectuados por Dement y otros psicólogos han dado la razón a Freud. Creo que habría que ser un recalcitrante puritano para negar la existencia de un nexo entre la erección del pene o del clítoris y el instinto sexual. De ello parece deducirse que sueños y sexualidad no están vinculados de manera fortuita o incidental, sino unidos por estrechos lazos, si bien no cabe negar que aquellos guardan también concomitancia con los componentes ritualistas, agresivos y jerárquicos de la conducta animal. Teniendo en cuenta la represión sexual que se daba en el siglo XIX en el seno de la sociedad vienesa, muchas de las percepciones de Freud nos parecen no sólo válidas, sino también valerosas y mantenidas a costa de mucho esfuerzo.

Se han llevado a cabo estudios estadísticos de las categorías más comunes de sueños, estudios que, por lo menos hasta cierto punto, deberían aclarar la naturaleza de los mismos. En el curso de una encuesta llevada a cabo entre estudiantes universitarios en torno al contenido de los sueños, el orden resultante, tomando como base las cinco temáticas más frecuentes, fue el siguiente; 1) caídas; 2) ataques o persecuciones; 3) repetidos y frustrados intentos de llevar a cabo una tarea o una empresa; 4) sueños relacionados de una manera u otra con los estudios; 5) experiencias

sexuales diversas. El sueño reseñado con el número cuatro parece guardar relación específica, justificada por demás, con el grupo objeto del muestreo. En cuanto a los restantes, si bien forman parte de la experiencia vital de los estudiantes, por lo general se aplican también a muchas personas que no lo son.

El temor a las caídas guarda clara relación con nuestros orígenes arbóreos y sin duda es un temor que compartimos con el que sienten otros primates. En efecto, para el que vive en un árbol el modo más simple de morir es, sencillamente, olvidar el riesgo que corre de caerse. Por lo que toca a las otras tres categorías de sueños más corrientes, ofrecen especial interés, por cuanto corresponden a funciones agresivas, jerárquicas, ritualísticas y sexuales; en suma, todo lo que es dominio del complejo R. Otro dato significativo de la encuesta mencionada es que casi la mitad de los individuos interpelados dijeron haber soñado con serpientes, el único animal, aparte del hombre, qué goza de categoría propia en la lista de los veinte tipos de sueños más comunes. Ciertamente, es posible que muchos sueños relacionados con ofidios puedan interpretarse sin más en función de las tesis freudianas. Sin embargo, dos tercios de los encuestados mencionaron de manera explícita que habían tenido sueños relacionados con la experiencia sexual. Habida cuenta de que, según Washburn, los primates no adultos muestran un miedo congénito de las serpientes, parece lógico preguntarse si el mundo de la ensoñación no proyecta directa e indirectamente, la antigua hostilidad entre reptiles y mamíferos.

Existe a mi modo de ver una hipótesis que casa con las verdades científicas que acabo de exponer, y es que la evolución del sistema límbico significó una manera radicalmente nueva de contemplar el mundo. La supervivencia de los primeros mamíferos dependía de su inteligencia, de peligros que sortearon durante el día y de la devoción hacia los especímenes más jóvenes. El mundo percibido a través del complejo R era un mundo muy distinto. En razón a la naturaleza acumulativa del proceso de cerebración, las funciones del complejo R podían ser utilizadas o desechadas en parte, pero no ignoradas. De esta manera, surgió un centro de

inhibición localizado debajo de lo que en el hombre es el lóbulo temporal, con objeto de atenuar la acción del cerebro reptílico, al tiempo que en el pons aparecía un centro de activación cuya misión era impulsar el funcionamiento del complejo R, pero de una manera inocua, durante el sueño. Esta consideración tiene, por supuesto, notables puntos de semejanza con las tesis de Freud acerca de la represión del *ello* por parte del *superego* (o del inconsciente por parte de la conciencia moral), en las que el papel *ello* se ponía claramente de manifiesto en fenómenos tales como los *lapsus lingue*, la libre asociación de ideas, ensoñaciones, etc., es decir, en los intersticios de la represión ejercida por parte del *superego*.

Al producirse el notable desarrollo del neocórtex en los mamíferos superiores y en los primates, tuvo lugar una cierta participación neocortical en el estado onírico, y es que un lenguaje simbólico es, a fin de cuentas, eso, un lenguaje. (Esta circunstancia se relaciona con las diferentes funciones de los dos hemisferios del neocórtex que mencionaremos en el siguiente capítulo). Pero la filigrana de los sueños contenía elementos sexuales, agresivos, jerárquicos y ritualistas significativos. Los ingredientes fantásticos que pueblan el mundo de los sueños tal vez tengan que ver con la casi total ausencia de estimulación sensorial directa durante las ensoñaciones. En el estado onírico apenas si existe un análisis de la realidad. Desde este ángulo, la frecuencia de sueños en los niños se explicaría por el hecho de que durante la infancia la parte analítica del neocórtex no tiene intervención apreciable. La carencia de ensoñaciones en los reptiles se explicaría por la ausencia de represión del estado de ensoñación. Para expresarlo de la misma forma con que Esquilo describió a nuestros antecesores, diremos que los reptiles «sueñan» despiertos. Creo que esta idea sirve para explicar la peculiaridad —por contraste con la conciencia verbal que exhibimos en estado de vigilia— del estado de ensoñación; su localización en los mamíferos y, preferentemente, en el ser humano durante el período subsiguiente al parto; su fisiología, y su penetración en el hombre.

El hombre desciende de los reptiles y de los mamíferos. Es muy probable que al reprimir durante el día la acción del complejo R y al liberar por la noche los dragones de nuestra ensoñación estemos reviviendo los

cien millones de años de lucha en que reptiles y mamíferos se enfrentaron, con la salvedad de que se ha invertido el momento del día en que tiene lugar la vampírica caza. Con todo, hay en la conducta del ser humano suficientes rasgos reptílicos. Si liberásemos por completo los aspectos reptílicos de nuestra naturaleza, disminuiría considerablemente nuestra capacidad de supervivencia. Puesto que el complejo R se halla muy profundamente engarzado en la fábrica del cerebro, no cabe soslayar por mucho tiempo y de forma absoluta sus funciones. Quizá el estado de ensoñación permite, en *nuestra* fantasía y en *su* realidad, que el complejo R funcione regularmente, como si todavía controlase la situación.

En el supuesto de que esto sea verdad, me pregunto con Esquilo si el estado de vigilia de otros mamíferos se asemeja mucho al estado de ensoñación de los humanos, donde podemos reconocer *signos*, como el contacto con el agua de un arroyuelo o el olor de la madreselva, al tiempo que un limitadísimo repertorio de *símbolos*, tales como las palabras; un estado en el que hallamos vividas imágenes sensoriales y emocionales y un conocimiento intuitivo operante, pero un mínimo de análisis racional; un estado en el que somos incapaces de llevar a cabo tareas que exijan una profunda concentración y en el que experimentamos frecuentes lapsus de atención, numerosos intervalos neutros y, por encima de todo, un endeble sentido de nuestra individualidad o de nuestro yo que da paso a un intenso fatalismo, a una sensación de imprevisible zarandeo por parte de acontecimientos sobre los que no ejercemos control alguno. Si éste es nuestro punto de origen ciertamente hemos recorrido un largo trecho.

7

AMANTES Y LOCOS

«Amantes y locos tienen la mente tan arrebatada, tan poblada de fantasías, que perciben más de lo que la pura razón es capaz de aprehender. El orate, el que pena de amor y el poeta destilan imaginación…»

W. SHAKESPEARE, *El sueño de una noche de verano*

«Los *simples* poetas tienen la mente tan embotada como la de un sujeto ebrio, sumida siempre en la bruma, incapaces de ver o de juzgar las cosas con claridad. Para ser un eximio y cabal poeta todo Hombre necesitaría estar versado en varias ciencias, poseer una mente lógica, analítica y, en cierta medida, matemática…»

JOHN DRYDEN, «*Notas y observaciones sobre la emperatriz de Marruecos*», 1674

Los sabuesos tienen fama de ser formidables rastreadores. Se les deja olfatear una «pista» —un trozo de ropa perteneciente al sujeto buscado, sea un niño perdido o un recluso fugado de la cárcel— y luego, ladrando, toman alegre y decididamente la senda que corresponde. Los perros y muchos otros animales de caza tienen esta aptitud natural extraordinariamente desarrollada. El rastro propiamente dicho contiene una huella olfativa, un olor. Este no es más que la percepción de una determinada molécula, en el caso que nos ocupa una molécula orgánica. Para poder seguir un rastro, el sabueso debe percibir la diferencia de olor —olor contenido, como hemos dicho, en una determinada molécula del organismo— entre el sujeto objeto de búsqueda y un vastísimo y activo trasfondo de otras moléculas, algunas pertenecientes a otros individuos que han seguido idéntica senda (a los que hay que sumar los componentes de la propia expedición de rastreo) y otras de diversos animales (entre los que debe incluirse el propio sabueso). El número de moléculas que desprende un hombre que camina es relativamente pequeño, lo que no impide que incluso cuando el rastro se ha «enfriado» —como es el caso cuando han transcurrido varias horas desde la desaparición del sujeto buscado— el sabueso pueda seguir la pista sin dificultad.

Esta formidable aptitud de ciertos canes implica una detección olfativa extremadamente sensible, función que, como vimos con anterioridad, también los insectos llevan a cabo con notable eficacia. Pero lo que más asombra en el perro sabueso, y lo que al mismo tiempo le confiere peculiaridad frente al insecto, es la amplitud de su gama olfativa, su aptitud para identificar un olor entre muchos, cada uno de ellos sumido en un mar de múltiples aromas. El sabueso lleva a efecto una compleja catalogación

de la estructura molecular; selecciona la molécula de que se trata entre un riquísimo muestrario molecular previamente olfateado, y, lo que es más, apenas necesita un minuto para registrar el olor en cuestión, que luego recordará por un largo período de tiempo.

Al parecer, la identificación olfativa de cada molécula la llevan a cabo unos receptores nasales sensibles a determinados grupos funcionales, o partes, de moléculas orgánicas. Un receptor puede ser sensible al COOH, otro al NH_2, etcétera. (C es el símbolo del carbono, H del hidrógeno, O del oxígeno y N del nitrógeno). Según parece, las diferentes cadenas secundarias y elementos accesorios de las moléculas compuestas se adhieren a diferentes receptores moleculares de la mucosa nasal, y los detectores correspondientes a todos los grupos funcionales se combinan para conformar una especie de imagen olfativa global de la molécula. Se trata de un mecanismo sensorial en extremo perfeccionado. A este respecto, cabe decir que el más avanzado dispositivo de esta especie concebido por el hombre, o sea el cromotógrafo de gases/espectógrafo de masas, carece, por regla general, de la sensibilidad y la capacidad selectiva del sabueso, por más que se hayan dado notables avances en este campo tecnológico. El sistema olfativo de los animales ha llegado a su actual grado de perfeccionamiento merced a una serie de exigencias del proceso de selección. La rápida detección de un espécimen del mismo grupo, de un depredador o de una presa es cuestión de vida o muerte para la especie. El sentido del olfato emerge en una fase temprana y, ciertamente, es muy posible que buena parte de la evolución primigenia por encima del nivel del armazón neural se viera espoleada por las demandas del proceso selectivo con objeto de facilitar la detección molecular a que hemos aludido. Así, los característicos bulbos olfativos del cerebro (véase la figura de la ilustración 5) se cuentan entre los primeros componentes del neocórtex que registra la historia de la vida del planeta. Herrick, con buen criterio, llamó al sistema límbico «rinencéfalo» o cerebro olfativo.

El sentido del olfato no está, ni con mucho, tan desarrollado en los hombres como en los sabuesos. A pesar de nuestra masa cerebral, poseemos unos bulbos olfativos más pequeños que los de muchos animales. Por otra parte, es obvio que el olfato desempeña un papel de poco relieve en nuestra

vida cotidiana. Un individuo corriente sólo alcanza a distinguir una menguada gama de olores. Pese al reducido número de olores que forman el repertorio olfativo del hombre, nuestras descripciones verbales y conocimiento analítico del olfato son en extremo pobres. Nuestra respuesta ante un olor determinado poco tiene que ver, a tenor de nuestra propia percepción, con la estructura tridimensional de la molécula causante de dicho olor. La olfacción es una compleja labor cognoscitiva que nos es dado realizar, dentro de unos límites, con notable precisión, pero que en el mejor de los casos no acertamos a describir más que muy someramente y de forma insuficiente. Y pienso que si el perro sabueso pudiera hablar, pasaría por el mismo apurado trance que nosotros para describir los detalles de una tarea que lleva a cabo con suma perfección.

De la misma manera que los perros y muchos otros animales se valen primordialmente del olfato para penetrar en su entorno físico, en el hombre es la vista el conducto básico por el que nos llega la información del exterior. La sensibilidad y capacidad diferenciadora del ojo humano son por lo menos tan asombrosas como las facultades olfativas de los lebreles. Podemos, por ejemplo, distinguir una cara de otra. Las personas observadoras son capaces de diferenciar decenas, centenares y hasta miles de rostros. Por ejemplo, el *identikit*, muy utilizado por la Interpol y la policía de muchos países de occidente, es capaz de reconstruir más de diez mil millones de rostros distintos. El valor de esta aptitud de cara a la supervivencia es evidente, en especial referida a nuestros antecesores. Pero, pensemos por un instante cuán difícil nos resulta proceder a la descripción verbal de unas caras que reconoceríamos sin dificultad. Por lo común, los testigos procesales suelen ofrecer pésimas descripciones de un individuo al que vieron o conocieron fugazmente; en cambio, cuando se lo ponen por delante, lo identifican con singular facilidad. El hecho es que, a pesar de los errores de identificación que sin duda se han dado, los tribunales aceptan de mil amores el testimonio de una persona adulta acerca de los rasgos físicos de un sujeto dado. Para comprobar esta facilidad innata basta pensar en la presteza con que reconocemos a una «celebridad» entre un tropel de gente, o en la manera en que salta a la vista nuestro nombre cuando aparece reseñado en una nutrida lista no ordenada por orden alfabético.

El hombre y otros animales poseen notables facultades cognoscitivas y un elevado índice de percepción de datos que, sencillamente, superan la conciencia verbal y analítica que tantos de nosotros consideramos como el único patrimonio digno de ser tenido en cuenta. A menudo se alude a esta obra clase de conocimiento integrado por nuestras percepciones y cogniciones no verbales con el término de «intuitivo», que no es lo mismo que «innato», pues nadie nace con un repertorio de rostros impreso en el cerebro. En mi opinión, dicho vocablo refleja una ambigua irritación ante la incapacidad de comprender de qué forma accedemos a este conocimiento. Pero lo cierto es que la historia del conocimiento intuitivo es sumamente dilatada, y si tomamos en cuenta la información contenida en el material genético, se remonta nada menos que al origen de la vida. El otro modo de conocimiento de que disponemos, y que con tan malos ojos contempla en occidente la existencia del conocimiento intuitivo, es una adición evolutiva muy moderna. El discurso racional que formulamos sólo de palabra (y que entraña, por ejemplo, el uso de oraciones completas) no tiene probablemente más que unas decenas o centenares de miles de años. Muchas personas son, en su vida consciente, casi completamente racionales, y otras muchas casi del todo intuitivas. Unos y otros se denostan sin reparar apenas en el valor recíproco de ambas clases de conocimiento. Calificativos como «embrollado» o «amoral» constituyen, tal vez, las más ponderadas y corteses de tales recriminaciones. ¿Por qué dos modos de pensamiento precisos y complementarios tienen tan pocas concomitancias entre sí?

Los primeros indicios de que ambos se hallan localizados en la corteza cerebral nos vienen dados por el estudio de las lesiones cerebrales a consecuencia de heridas o golpes fortísimos en los lóbulos temporal y parietal del hemisferio izquierdo del neocórtex. La víctima suele tener dificultades para leer, escribir, hablar y realizar operaciones aritméticas. Las mismas o parecidas lesiones en el hemisferio derecho mermarían la visión tridimensional, el reconocimiento de formas y contornos, las facultades musicales, el razonamiento holístico[23]. La identificación facial reside

básicamente en el hemisferio derecho, y quienes afirman «jamás olvido una cara» realizan un reconocimiento de configuración sobre el lado derecho. En la práctica, las lesiones del lóbulo parietal derecho en ciertos casos incapacitan al paciente para reconocer su propia imagen en el espejo o en una fotografía. Estas observaciones indican de forma inequívoca, o poco menos, que las funciones que llamamos «racionales» se localizan principalmente en el hemisferio izquierdo, y las que consideramos «intuitivas» en el derecho.

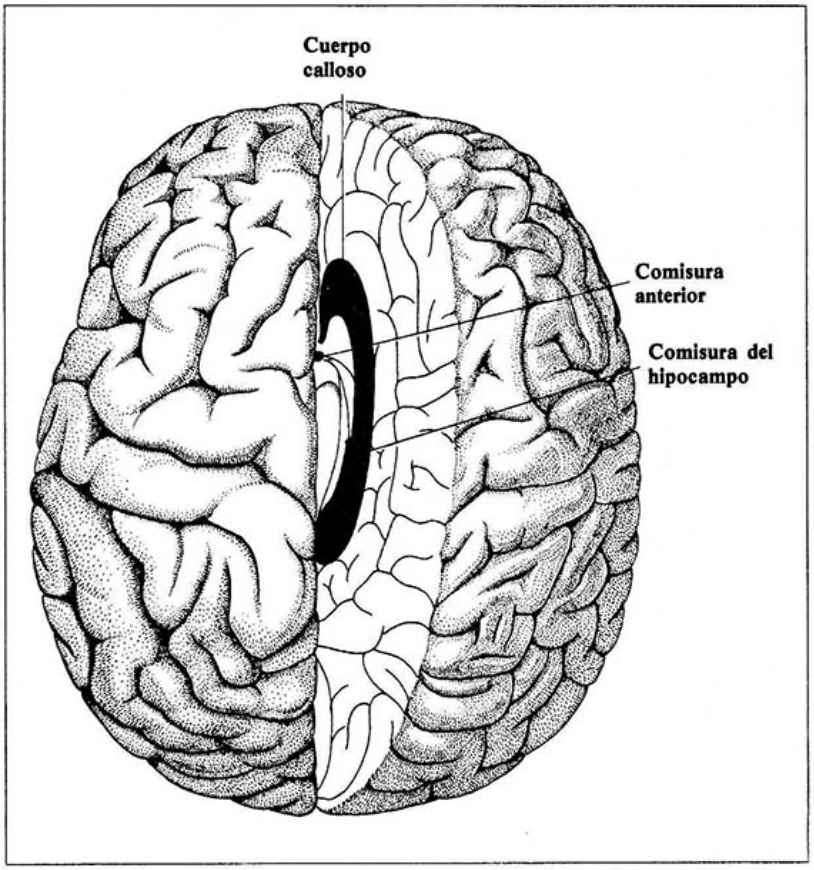


Ilustración 35. Vista esquematizada de la parte superior del cerebro humano con los dos hemisferios separados por neurocirujanos en un logrado intento de dominar los ataques epilépticos. Por lo general, la separación se lleva a efecto seccionando el cuerpo calloso. A veces también se procede al seccionamiento de las conexiones secundarias entre ambos hemisferios, es decir de la comisura anterior y de la comisura del hipocampo.

Los últimos y más significativos experimentos llevados a cabo en este contexto son obra de Roger Sperry y su equipo de colaboradores del Instituto Tecnológico de California. De cara al tratamiento de los casos agudos de epilepsia *gran mal*, en la que el paciente sufre ataques prácticamente ininterrumpidos (tanto como dos por hora), procedieron al

seccionamiento del cuerpo calloso, el principal haz de fibras nerviosas que comunican los hemisferios derecho e izquierdo del neocórtex (véase figura en la ilustración 35). La operación quirúrgica se llevó a cabo con la intención de evitar que lo que podríamos llamar la atormenta neuroeléctrica» de un hemisferio se propagara, lejos del foco inicial, al otro. Los neurocirujanos confiaban en que después de la operación los ataques no afectarían más que a un hemisferio. Pero el desenlace, inesperado y positivo, fue un muy acentuado descenso tanto de la frecuencia como de la intensidad de los accesos en ambos hemisferios, como si previamente, por decirlo en términos de informática, se hubiera dado una *realimentación positiva* a tenor de la cual la actividad eléctrica de la crisis epiléptica en cada hemisferio estimulara al otro por conducto del cuerpo calloso.

En apariencia, después de la intervención quirúrgica los pacientes con un «cerebro partido» se comportan con absoluta normalidad. Algunos aseguran que han cesado del todo las vividas ensoñaciones que experimentaban antes de la operación. El primero de este grupo de enfermos estuvo un mes sin poder hablar después de la operación; pero la afasia que padecía terminó por desaparecer. La conducta y aspecto normales de los pacientes con un «cerebro partido» constituyen en sí una demostración de que el cuerpo calloso actúa de manera imperceptible. Teniendo en cuenta que nos estamos refiriendo a un haz de doscientos millones de fibras neurales que procesan nada menos que varios miles de millones de bits por segundo entre los dos hemisferios cerebrales y que contiene alrededor del dos por ciento de las neuronas del neocórtex, ¿debemos creer que al seccionar el cuerpo calloso el individuo sigue tan campante? Obviamente, deberían producirse alteraciones importantes, cambios que son precisos analizar con más detenimiento de lo normal.

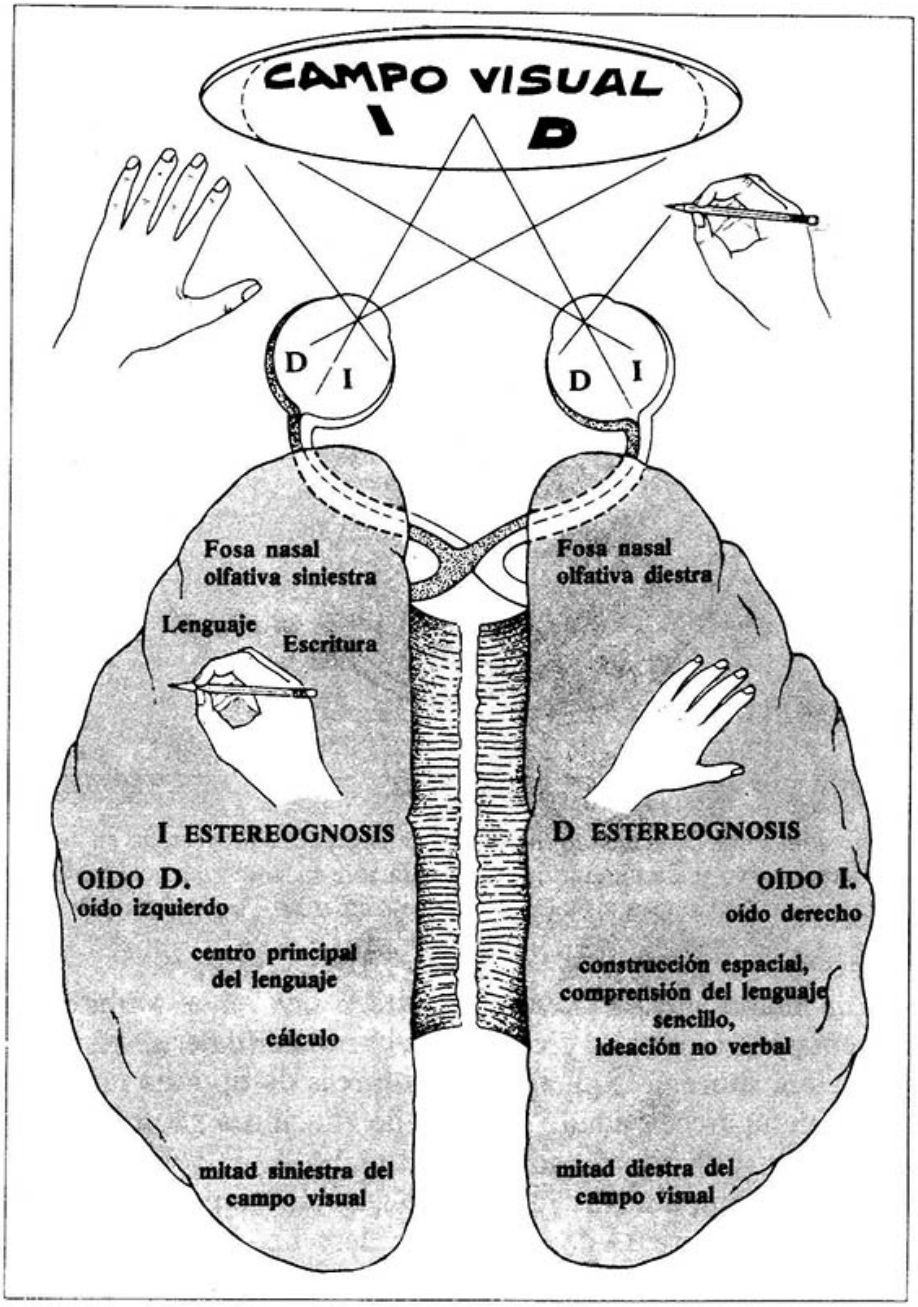


Ilustración 36. Representación esquemática, según Sperry, de la proyección del mundo exterior en los dos hemisferios del neocórtex. Los campos visuales derecho e izquierdo se proyectan, respectivamente, en los lóbulos occipitales izquierdo y derecho. La regulación del lado derecho y del lado izquierdo del cuerpo es también de tipo cruzado, como lo es en buena parte el oído. Los olores se dirigen a los hemisferios del mismo lado, al igual que la fosa nasal que vehicula la olfacción.

Cuando examinamos un objeto situado a nuestra derecha, ambos ojos miran hacia lo que se denomina el campo visual derecho, y si hacemos lo propio con los objetos a nuestra izquierda, acotamos con la vista el campo visual izquierdo. Sin embargo, y debido al tipo de conexión existente entre los nervios ópticos, el campo visual derecho es procesado en el hemisferio

izquierdo, y el campo visual izquierdo en el hemisferio derecho. Asimismo, el hemisferio izquierdo procesa buena parte de los sonidos que capta el oído derecho, y a la inversa, aun cuando parte de la información auditiva es tratada en el mismo lado de recepción, o sea, sonidos que, por ejemplo, capta el oído izquierdo y que son procesados en el hemisferio izquierdo. El sentido del olfato, surgido en una fase evolutiva anterior, no presenta este entrecruzamiento funcional; así, el olor que detecta la fosa nasal izquierda es procesado en su totalidad por el hemisferio correspondiente. En cambio, la información entre el cerebro y los miembros es de tipo cruzado. Los objetos que palpa la mano izquierda se perciben básicamente en el hemisferio derecho, y las instrucciones a la mano derecha para que escriba determinada frase se procesan en el hemisferio izquierdo.

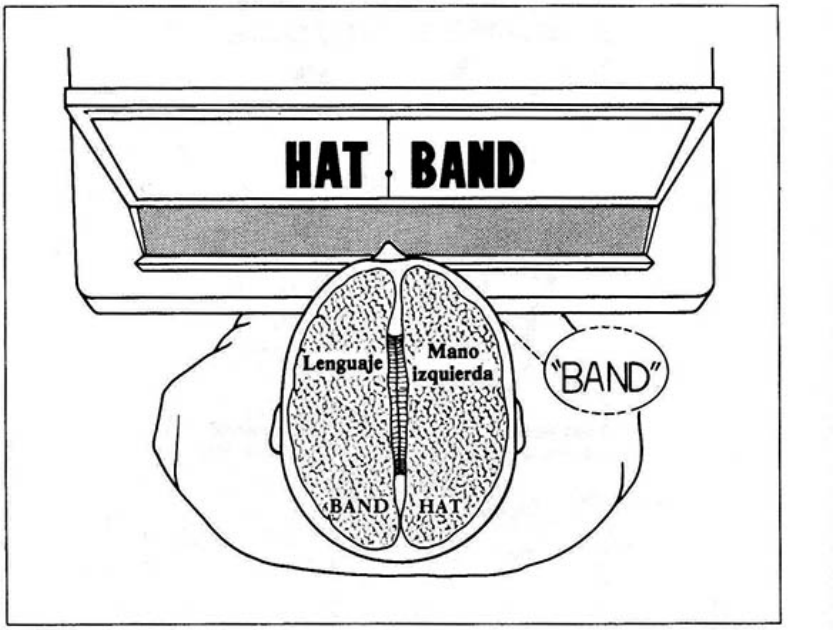


Ilustración 37. El sujeto sólo lee y da cuenta verbalmente de la palabra proyectada en su campo visual derecho. No se da ningún tipo de asociación, ni siquiera inconsciente, entre las palabras de los campos visuales derecho e izquierdo. (Según Sperry)

Sperry y su equipo de colaboradores han llevado a cabo una serie de brillantes experimentos consistentes en la estimulación por separado de los hemisferios derecho e izquierdo en pacientes que han sufrido el seccionamiento del cuerpo calloso. Uno de los experimentos tipo consiste en proyectar en una pantalla la palabra *hatband* (cinta del sombrero, de forma que *hat* se halle en el campo visual izquierdo y *band* en el derecho. El paciente manifiesta que ha visto escrita la palabra *band*, siendo evidente

que, por lo menos en función de su capacidad para expresarse verbalmente, no tiene idea de que el hemisferio derecho ha recibido la impresión visual del término *hat*. Cuando se le pidió que especificase de que *band* (cinta, banda) se trataba, el paciente conjeturó que podía tratarse de una *outlaw band* (banda de forajidos), de una *rubber band* (liga elástica o cinta de goma) o de una *jazz band* (banda de jazz). Pero si en el curso de un experimento comparable se pide al enfermo que escriba con la mano izquierda oculta en el interior de una caja la palabra que ha visto en la pantalla traza sobre el papel la palabra *hat*. Por el movimiento de la mano el paciente sabe que ha escrito algo, pero como no puede leerlo, la información no llega al hemisferio izquierdo, que es el que regula la facultad del habla. Así, curiosamente, puede escribir la respuesta, pero no darla de viva voz.

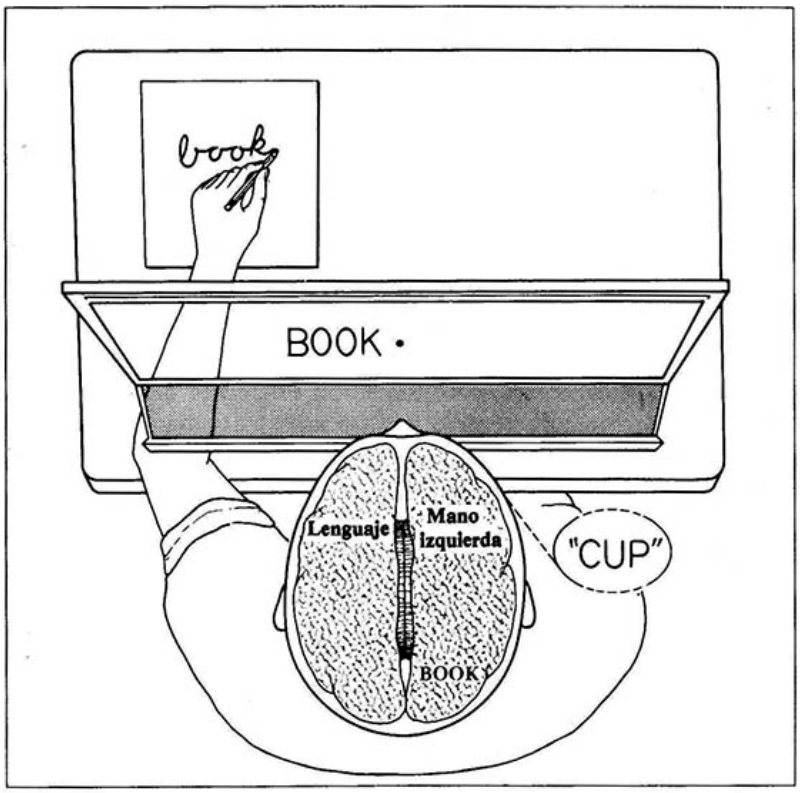


Ilustración 38. Un paciente al que le ha sido seccionado el cuerpo calloso escribe correctamente —mejor con trazo normal que con letra de palo—, utilizando la mano oculta, una palabra proyectada a su campo visual izquierdo. Pero al ser interpelado para que diga lo que ha escrito con la mano izquierda, da una respuesta totalmente incorrecta (*cup*). (Según Nebes y Sperry)

Muchos otros experimentos arrojan resultados similares. En uno de ellos el paciente puede palpar con la mano izquierda unas letras sueltas de

material plástico ocultas a la vista. Dichas letras sólo permiten construir correctamente una palabra inglesa, como *love* o *cup* que el paciente compone sin dificultad. El hemisferio derecho posee escasa capacidad verbal, más o menos la misma que en sueños. Así, el paciente, tras haber compuesto correctamente la palabra de referencia, no consigue indicar de palabra cuál es el término que ha formado. De ello parece deducirse que, en los pacientes de «cerebro partido», cada hemisferio ignora por completo la información que el otro obtiene por separado.

La inoperancia del hemisferio izquierdo en el plano de la representación geométrica es realmente asombrosa, como muestra claramente la ilustración de la ilustración 39. Un paciente del tipo mencionado y que escribía con la derecha, sólo pudo trazar correctamente unas sencillas figuras geométricas utilizando la izquierda, o sea la mano inexperimentada. Parece que en el ámbito de la representación espacial o geométrica el hemisferio derecho solamente prevalece sobre el izquierdo en las tareas de tipo manual, dominio que desaparece cuando se trata de funciones geométricas que no requieren una coordinación entre mano, ojos y cerebro. Estas actividades manipulativas en el plano geométrico parecen localizarse en el lóbulo parietal del hemisferio derecho, en una región que, trasladada al hemisferio izquierdo, regula el uso del lenguaje. M. S. Gazzaniga, de la Universidad Estatal de Stony Brook (Nueva York) sugiere que esta especialización hemisférica acaece porque el lenguaje se desarrolla en el hemisferio izquierdo antes de que el niño adquiera suficiente pericia en las tareas manipulativas y en la visualización geométrica. Según este punto de vista, la especialización del hemisferio derecho en cuanto a competencia geométrica constituye una especialización por omisión, es decir, que la competencia del hemisferio izquierdo ha sido encauzada o desviada hacia el lenguaje.

Según se dice, poco después de que Sperry llevase a término uno de sus más convincentes experimentos, ofreció una fiesta en su casa a la que fue invitado un reputado físico teórico con el cuerpo calloso intacto. El científico, hombre notorio por su sentido del humor, permaneció todo el

tiempo escuchando atenta y calladamente las explicaciones de Sperry sobre los hallazgos obtenidos a raíz de los experimentos con los pacientes a que nos hemos referido. Al término de la velada los invitados empezaron a desfilar, y Sperry se situó junto a la puerta para despedir al último grupo. El físico tendió la mano derecha a Sperry y le dijo que había pasado una velada deliciosa. Luego, efectuando una especie de paso de baile, intercambió la posición de ambos pies, extendió la mano izquierda hacia el anfitrión y apostilló con voz reprimida y estridente: «Y también quiero que sepa que he estado aterrorizado por unas horas».

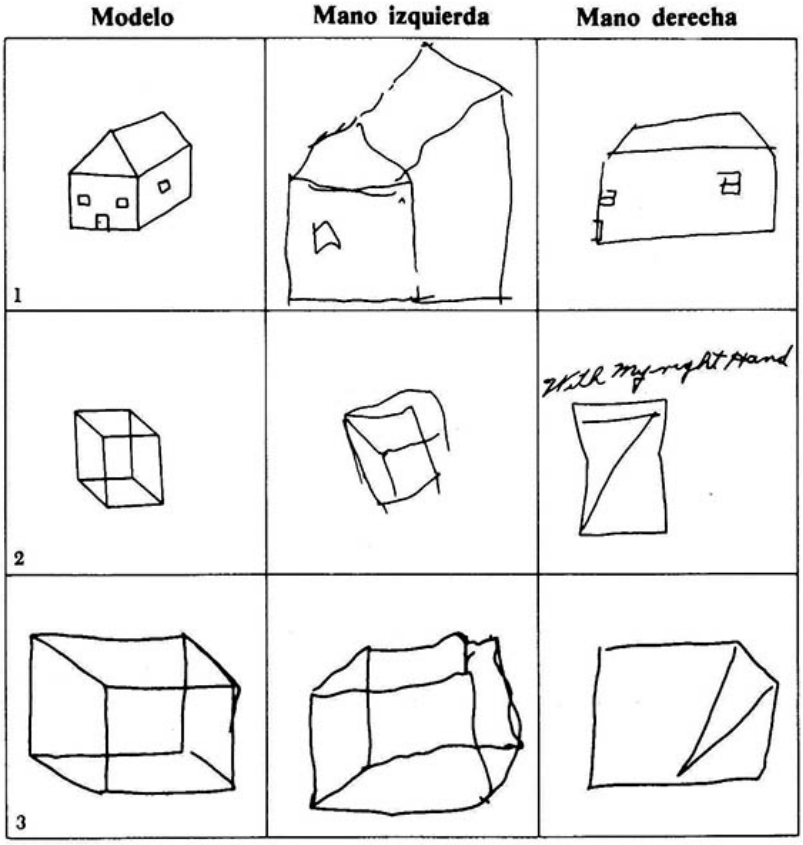


Ilustración 39. Incapacidad relativa del hemisferio izquierdo para reproducir figuras geométricas. (Según Gazzaniga).

Cuando se dificulta la comunicación entre los dos hemisferios cerebrales, el propio paciente suele no hallar explicación a su proceder, evidenciándose aquello de que incluso si el sujeto «habla con propiedad» puede muy bien ignorar «la sustancia del tema de que trata». (Compárese esta afirmación con la cita de *Fedro* transcrita al inicio de la introducción de este libro). La relativa independencia de actuación de los dos hemisferios se

manifiesta en la vida cotidiana. Hemos hablado ya de la dificultad que entraña la descripción verbal de las complejas percepciones del hemisferio derecho. Al parecer, muchas actividades físicas complejas, como puede ser la práctica de un deporte, cuentan con una participación proporcionalmente exigua del hemisferio izquierdo. Por ejemplo, en el tenis, un buen «truco» para desbaratar el juego del contrario consiste en preguntarle en qué parte del mango de la raqueta coloca el pulgar. A menudo, la atención que el hemisferio izquierdo presta a dicha pregunta, aunque sea por un corto período de tiempo, consigue el objetivo buscado. Buena parte de las facultades musicales se regulan en el hemisferio derecho. Es de sobras conocido que hay individuos capaces de aprender de memoria una canción o una melodía musical sin tener idea alguna de cómo transcribirlas al papel pautado. Aplicando el caso al piano, podríamos aludir a este fenómeno diciendo que nuestros dedos (no nosotros) han «aprendido de memoria» la melodía en cuestión.

A veces esta memorización reviste gran complejidad. No hace mucho tuve el placer de asistir al ensayo de un concierto para piano aún no estrenado, interpretado por una importante orquesta sinfónica. En este tipo de ensayos, el director no suele tomar la partitura desde el primer compás para proceder luego hasta el final de la composición, sino que tanto por la pérdida de tiempo de ensayo que ello supondría como por la competencia profesional de los profesores de la orquesta, se concentra en los pasajes más difíciles. Una de las cosas que más me impresionó fue no sólo que la solista se supiese de memoria toda la partitura, sino que además pudiese tocar a partir del compás que se le indicara con sólo echar un rápido vistazo a la partitura. Esta envidiable retentiva es función conjunta de los dos hemisferios cerebrales. Es sumamente difícil memorizar una pieza musical nunca escuchada hasta el punto de poder acometer su ejecución a partir de un fragmento cualquiera de la composición. Para decirlo con la jerga utilizada en informática, la pianista tenía acceso aleatorio —como contrapuesto al secuencial— a la partitura musical.

Este ejemplo es ilustrativo de la cooperación entre uno y otro hemisferios en buen número de las más complejas y trascendentes actividades humanas. Es muy importante no exagerar la separación de

funciones que corresponden a cada uno de los hemisferios contiguos al cuerpo calloso en un hombre normal. Es conveniente reiterar que la existencia de un haz de conexiones o fibras nerviosas tan complejo supone que la interacción de los dos hemisferios es una función de vital importancia en el hombre.

Además del cuerpo calloso existe entre ambos hemisferios una conexión llamada comisura anterior, mucho más pequeña que aquél (véase la figura de la ilustración 35) y que a diferencia de este último se halla también en el cerebro de los peces. En los casos de pacientes a los que se ha seccionado el cuerpo calloso, respetando en cambio la comisura anterior, la información olfativa se transfiere siempre de un hemisferio al otro. Al parecer, ocasionalmente se produce un trasvase de cierta dase de información visual y auditiva a través de la comisura anterior, pero de forma imprevisible en cada paciente. Los hallazgos derivados de tales experimentos están en sincronía con la anatomía y la evolución; la comisura anterior (y también la comisura del hipocampo [véase la figura de la ilustración 35]) ocupa una zona más interior que el cuerpo calloso y transfiere información a la corteza límbica y, quizá, a otros componentes más primitivos del cerebro.

En el hombre se da una interesante disociación entre las facultades musicales y las facultades de expresión oral. Los enfermos que padecen lesiones del lóbulo temporal derecho, o que han sufrido hemisferioctomías del lado derecho, tienen muy limitadas sus facultades musicales, pero no así su capacidad verbal, sobre todo cuando se trata de identificar y recordar melodías. De todos modos, su dolencia no les impide leer una partitura, lo cual es perfectamente congruente con la separación de funciones antes señalada. La memorización y captación de la música presupone el reconocimiento de ciertas configuraciones auditivas y una disposición de tipo holístico más que analítico. Existen indicios de que la poesía es, en parte, una función del hemisferio derecho. Se han dado casos en que el paciente ha empezado a escribir poemas por vez primera a raíz de la afasia provocada por una lesión del hemisferio cerebral izquierdo. Pero, a buen seguro, ello no pasaría de ser, en palabras de Dryden, más que «mera poesía». Por otro lado, parece que el hemisferio derecho es incapaz de componer rimas.

La separación o lateralización de la función cortical fue un hallazgo que siguió a una serie de experimentos con pacientes que padecían lesiones cerebrales. Sin embargo, es importante demostrar que las conclusiones derivadas de estos casos también son aplicables a las personas normales. Gazzaniga ha llevado a cabo experimentos con individuos que no padecen lesiones cerebrales, a los que se proyecta una palabra, la mitad en el campo visual derecho y la otra mitad en el izquierdo, como en el caso de los pacientes con el cerebro apartido», y luego se supervisa la reconstrucción de la misma. Los resultados obtenidos indican que en el cerebro normal el hemisferio derecho apenas interviene en el procesamiento del lenguaje, pero a través del cuerpo calloso transmite lo que observa al hemisferio izquierdo, donde se recompone la palabra completa. Gazzaniga halló también que un paciente con el cuerpo calloso seccionado poseía un hemisferio derecho asombrosamente dotado en materia lingüística. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que este enfermo había padecido de muy niño un trastorno cerebral orgánico en la región temporal-parietal del hemisferio izquierdo, y ya hemos dicho que las lesiones cerebrales acaecidas durante los dos primeros años de vida del individuo, pero no más allá de este lapso, pueden provocar una redistribución de las funciones cerebrales.

Robert Ornstein y David Galin, del Instituto Neuropsiquiátrico Langley Porter de San Francisco, afirman que a medida que los individuos normales pasan de una actividad intelectual analítica a otra sintética, la actividad cerebral que registra el electroencefalograma de los hemisferios cerebrales correspondientes varía en concordancia con las previsiones; o sea, que cuando un sujeto realiza, por ejemplo, operaciones aritméticas de memoria, el hemisferio derecho exhibe el ritmo alfa, característico de un hemisferio cerebral «inactivo». En el caso de que este resultado se confirmarse, estaríamos frente a un notable hallazgo.

Ornstein ofrece una interesante analogía para explicar por qué motivo, por lo menos en occidente, hemos establecido tantos contactos con las funciones del hemisferio izquierdo y tan pocas con el derecho. Según indica, nuestro conocimiento de la función que corresponde al hemisferio derecho viene a ser algo así como nuestra capacidad para observar las

estrellas con luz diurna. El fulgor del sol es tal que las estrellas son invisibles, pese al hecho de que permanecen día y noche en el firmamento. Sólo cuando se pone el sol podemos vislumbrarlas. Asimismo, el fulgor de nuestras adquisiciones evolutivas más recientes, es decir, de las facultades verbales reguladas por el hemisferio izquierdo, empaña el conocimiento de las funciones del hemisferio derecho, donde se localiza el pensamiento intuitivo, que a buen seguro constituyó para nuestros antepasados el principal instrumento de percepción externa[24].

El hemisferio izquierdo procesa la información de forma secuencial mientras que el hemisferio derecho lo hace simultáneamente, conectando con diversas fuentes de información a la vez. Por decirlo en el lenguaje de los computadores, el hemisferio izquierdo funciona en un régimen de transferencia *en serie*, y el derecho lo hace en *paralelo*. El hemisferio izquierdo viene a ser un computador digital y el derecho un ordenador analógico. Sperry indicó que la separación de funciones en los dos hemisferios es consecuencia de una «incompatibilidad básica». Es posible que en la actualidad seamos capaces de percibir directamente las operaciones del hemisferio derecho, sobre todo cuando el hemisferio izquierdo ha quedado «desactivado», es decir, ha entrado en el estado de ensoñación.

En el capítulo anterior indicaba que un aspecto primordial del estado de ensoñación podía ser la liberación, durante la noche, de procesos del complejo R fuertemente reprimidos por el neocórtex durante el día. Pero dije también que el notable contenido simbólico de los sueños acreditaba una ostensible participación neocortical a pesar de las marcadas dificultades que señalaban con frecuencia los individuos investigados para leer, escribir y formular operaciones aritméticas y evocaciones verbales en sueños.

Además del contenido simbólico de los sueños, hay en la filigrana de la ensoñación otros aspectos que señalan la intervención del neocórtex. Por ejemplo, muchas veces he tenido sueños en los que el desenlace o «sorprendente final de la trama» sólo era posible gracias a cierto número de indicios en apariencia banales e insertos con mucha anterioridad en el

contenido del sueño. No me cabe duda de que al iniciarse éste, la trama completa del sueño estaba ya presente en mi mente. (Digamos de pasada que, según ha demostrado Dement, el tiempo de ejecución requerido por los sucesos del sueño corresponde aproximadamente a la duración que tienen en la realidad). En tanto que muchas ensoñaciones se desarrollan improvisadamente, otras responden a una perfecta estructura argumental, y en este sentido se asemejan en gran manera al desarrollo de una pieza escénica.

Hoy se acepta la sugestiva posibilidad de que el hemisferio izquierdo del neocórtex no actúa durante el estado de ensoñación, en tanto que el hemisferio derecho —muy familiarizado con todo lo que sean símbolos, pero carente de una fluida expresión verbal— funciona sin dificultades. Bien puede ocurrir que el hemisferio izquierdo no quede del todo desactivado por la noche y que lleve a cabo tareas que lo hacen inaccesible a nuestro conocimiento. En tales momentos trabaja laboriosamente evacuando la información acumulada en el registro de la memoria efímera y determinando qué datos deben conservarse y ser transferidos a la memoria duradera.

A veces, pocas, llegan a nuestros oídos noticias fidedignas de complejos problemas intelectuales que han sido resueltos en estado de ensoñación. Tal vez el más conocido sea el sueño del químico alemán Friedrich Kekulé von Stradonitz. En 1865 la cuestión más acuciante e impenetrable dentro de la química orgánica estructural era determinar la naturaleza de la molécula del benceno. Partiendo de sus propiedades, se había llegado a deducir la estructura de diversas moléculas orgánicas simples, que en todos los casos resultó ser lineal, es decir, formada por cadenas de átomos dispuestos en sentido rectilíneo. Según cuenta el propio Kekulé, un día en que viajaba adormilado en un tranvía tirado por caballos tuvo como un sueño en él que aparecían tiras de átomos moviéndose al ritmo de una danza. De repente, la cola de la cadena de átomos se unió por sí sola a la cabeza y dibujó un círculo que giraba lentamente. Al despertar y rememorar lo que había soñado, Kekulé se dio cuenta instantánea de que la solución al problema del benceno era un anillo hexagonal de átomos de carbono y no una cadena rectilínea. Obsérvese, no obstante, que nos hallamos ante un caso de

identificación de formas y no de una actividad analítica, rasgo característico de casi todas las inspiraciones científicas notables surgidas en estado de ensoñación. Los actos creativos son obra del hemisferio derecho y no del izquierdo.

El psicoanalista norteamericano Erick Fromm ha escrito: «¿No es lógico suponer que al hallarnos desconectados de nuestro mundo exterior retornemos temporalmente a un estado mental primitivo, irracional como el de los animales? Mucho puede decirse en favor de esta presunción y muchos son los estudiosos de los sueños, desde Platón a Freud, que han sostenido la teoría de que esta regresión es el rasgo esencial del reposo nocturno, y, por ello mismo, de la actividad de ensoñación». Fromm prosigue diciendo que a veces, durante el estado de ensoñación, tenemos percepciones que escapan a nuestra mente estando despiertos. Por mi parte, creo que estas percepciones tienen siempre un carácter intuitivo o responden a un proceso de identificación de configuraciones. El aspecto «de similitud con los animales» del estado de ensoñación puede interpretarse como una función conjugada del complejo R y del sistema límbico, y la percepción intuitiva ocasionalmente iluminadora como una actividad del hemisferio derecho del neocórtex. Ello es así porque en uno y otro caso se han sofocado en buena medida las funciones represivas del hemisferio izquierdo. Fromm llama a estas del hemisferio izquierdo «el lenguaje olvidado», y arguye con fundamento que constituyen el origen común de los sueños, de los relatos fantásticos y de los mitos.

A veces, mientras soñamos, tenemos la clara sensación de que una parte de nosotros permanece observando la escena plácidamente, de que con frecuencia hay en el trasfondo del sueño una especie de observador. Es esta parte de nuestra mente, que actúa de «centinela» —en ocasiones en mitad de una pesadilla— la que nos dice: «No es más que un sueño». Es precisamente ese observador el que aprecia la unidad dramática de un sueño con una trama perfectamente estructurada. Pero la mayor parte del tiempo el «centinela» permanece mudo. Muchos de los que fuman o ingieren drogas psicodélicas —marihuana y LSD, pongamos por caso— suelen señalar la presencia de este «centinela». Las experiencias con LSD pueden ser pavorosas y varios comunicantes me han asegurado que en el caso del

LSD la diferencia entre la cordura y la insania depende por completo de la presencia continuada de este «centinela», una pequeña y silenciosa porción de la mente en estado consciente.

Uno de mis informantes me contó una vez que mientras fumaba marihuana reparó en la presencia y, cosa rara, en la «foraneidad», de este silencioso «centinela» que responde con interés, y a veces con palabras de censura, a la caleidoscópica y rica filigrana de ensoñaciones que experimenta el fumador de marihuana, pero sin formar parte de aquéllas. «¿Quién eres?», preguntó mi informante en silencio, dirigiéndose al observador; «¿Quién pregunta?», contestó éste, como si se tratara de una enseñanza moral sufista o zen. Sin embargo, la pregunta formulada por mi informante tiene su miga. Yo me atrevería a indicar que el pretendido observador es un reflejo de las facultades críticas asentadas en el hemisferio izquierdo, y que si bien se manifiesta con mucha más intensidad en las fantasías psicodélicas que en los sueños, está presente hasta cierto punto en ambos. Sin embargo, la primitiva réplica del observador al interpelante —«¿Quién pregunta?»— sigue sin hallar respuesta. Tal vez se trate de otro componente del hemisferio cerebral izquierdo.

Los lóbulos temporales de los hemisferios izquierdo y derecho del hombre y de los chimpancés presentan una asimetría; una parte del lóbulo izquierdo está notablemente más desarrollada que el resto de la zona. Esta asimetría es congénita (apreciable ya en la vigésimo novena semana del embarazo), lo que sugiere una marcada predisposición genética al control del habla por parte del lóbulo temporal izquierdo. (Sin embargo, los niños que padecen lesiones en dicho lóbulo pueden, en el primero y segundo año de vida, transferir sin menoscabo todas las funciones del habla a la porción equivalente del hemisferio derecho. En una edad más avanzada, esta sustitución de funciones es imposible). Por otro lado, se observa en los niños de corta edad una lateralización de la conducta. El oído derecho capta mejor la palabra viva, y el izquierdo aquello que no se expresa oralmente, constante que se da también en el adulto. Asimismo, por término medio, los niños de corta edad suelen dedicar más tiempo a contemplar los objetos situados a su derecha que no los mismos objetos colocados a su izquierda. Asimismo, para obtener una respuesta precisamos elevar más la voz si le

hablamos al oído izquierdo que no si lo hacemos al derecho. Si bien hasta el momento no se ha detectado ésta ni parecida asimetría en el cerebro o en la conducta de los simios, los resultados obtenidos por Dewson (véase capítulo 5) sugieren que en los primates superiores se da, probablemente, un cierto grado de lateralización, en tanto que los lóbulos del mono común (*rhesus*) no presentan vestigio alguno de asimetría. Uno se siente inclinado a pensar que, como en el hombre, las facultades lingüísticas del chimpancé se regulan en el lóbulo temporal izquierdo.

Según parece, el reducido inventario de gritos de carácter simbólico que utilizan los primates no humanos se gobierna desde el sistema límbico; prácticamente todo el repertorio vocal de la ardilla o del mono común puede ser evocado por estimulación eléctrica del sistema límbico. El habla humana se regula en el neocórtex. De ahí se infiere que uno de los pasos esenciales en la evolución del hombre debió ser el trasvase del control del habla desde el sistema límbico a los lóbulos temporales del neocórtex, transición de la comunicación a través del instinto a la comunicación por conducto de un proceso analítico. Con todo, la notable capacidad de los simios para acrecentar su repertorio gestual, así como los indicios de lateralización detectados en el cerebro del chimpancé, denotan que la adquisición voluntaria de un lenguaje simbólico por parte de los primates no es una innovación moderna, sino que, antes bien, se remonta a muchos millones de años atrás, en sincronía con los indicios que aporta el examen de los moldes de la cara interna de los cráneos fósiles sobre la existencia del área de Broca en los especímenes de *homo habilis*.

Las lesiones que sufre el cerebro del mono, concretamente las partes que regulan el habla en el hombre, no menoscaban las vocalizaciones instintivas de estos animales. Por todo ello parece lógico concluir que el surgimiento del lenguaje humano presupone la formación de un conglomerado cerebral enteramente nuevo más que un mero reajuste de los dispositivos del sistema límbico que generan los gritos y llamadas. Algunos expertos en el tema de la evolución humana han manifestado que el lenguaje apareció en una fase tardía —puede que en las últimas decenas de millares de años— como respuesta a las exigencias del último período glaciar. Sin embargo, la información de que disponemos no parece abonar

esta teoría. De otro lado, los centros del habla en el cerebro humano revisten tal complejidad que resulta difícil imaginar cuál haya sido su evolución a lo largo de los miles de generaciones que probablemente se han sucedido desde el período culminante de la última glaciación.

Los indicios de que disponemos parecen indicar que los antecesores del hombre en la Tierra hace varias decenas de millones de años poseían un neocórtex, con la salvedad de que los hemisferios derecho e izquierdo llevaban a cabo funciones comparables y redundantes. Desde entonces, la postura erecta, el uso de herramientas y el lenguaje han sido factores que se han dado impulso mutuo. Así, un pequeño progreso en la facultad de expresión oral se traducía en una mejora progresiva de las hachas de mano, y a la inversa. Parece que el correspondiente proceso de cerebración se ha producido previa especialización de uno de los dos hemisferios en el pensamiento analítico.

Dicho sea de paso, la primitiva redundancia o duplicación funcional ha sido aplicada con sutileza al diseño de computadores. Así, los técnicos que protectaron la memoria electrónica a bordo del módulo de descenso (*lander*) del *Viking*, sin tener idea de la neuroanatomía de la corteza cerebral, acoplaron dos computadores iguales y programados exactamente del mismo modo. Sin embargo, en razón a su complejidad, no tardaron en emerger las diferencias entre uno y otro. Antes de que tuviera lugar la toma de contacto con la superficie de Marte, los computadores fueron sometidos desde la Tierra a un test de inteligencia (para ello se utilizó un computador mejor «dotado»). Después del mismo, se procedió a inutilizar al ordenador con un coeficiente más bajo. Pues bien, tal vez el proceso evolutivo del hombre haya discurrido por cauces similares y nuestras tan preciadas facultades analíticas se hallen localizadas en el «otro» cerebro, aquel no del todo competente en la generación de pensamiento intuitivo. La evolución se vale a menudo de esta estrategia. En todo caso, la práctica evolutiva normal de incrementar la cantidad de información genética a medida que los organismos ganan en complejidad, se manifiesta en la duplicación de parte del material genético, dejando que proceda luego la lenta especialización de funciones de los componentes redundantes.

Casi todas las lenguas muestran una polaridad, una marcada preferencia por todo lo relacionado con el costado derecho. El término «derecho» se equipara a la legalidad, conducta correcta, elevados principios morales, energía y masculinidad, mientras que la palabra «izquierda» es sinónimo de cobardía, debilidad, objetivos turbios, malevolencia y feminidad. En inglés, por ejemplo, abundan los términos relacionados con *right*, como *rectitude* (rectitud, corrección, prioridad), *rectify* (rectificar, enderezar, enmendar), *righteous* (recto, probo, virtuoso, honrado, justo), *right-hand man* (ser el brazo derecho de alguien), *dexterity* (destreza, maña, habilidad), *adroit* (diestro, hábil, listo; voz derivada del francés *à droite*), *rights* (derechos, como en «derechos del hombre») y la expresión *to be in his right mind* (estar en sus cabales o en su sano juicio). Incluso el vocablo *ambidextrous*, significa, apurando el sentido, dos manos derechas.

En el otro lado, y en sentido literal, tenemos el término *sinister* (casi la misma palabra latina que traduce «izquierda», aunque con significado primordial de siniestro, funesto, aciago), *gauche* (torpe, desmañado, que en francés significa exactamente «izquierda»), *gawky* (desgarbado, desmañado, torpe), *gawk* (palurdo, bobo) y *left-handed compliment* (falso halago). En ruso, la palabra «izquierda» se traduce por *nalevo*, que además significa «furtivo», «subrepticio» o «clandestino»; en italiano, *mancino*, uno de los vocablos que significa izquierda, significa también «engañoso», «falso», «falaz». Tampoco hablamos de una «Declaración de izquierdos» en el sentido con que aludimos a una «Declaración de derechos».

Según una versión etimológica, *left* derivaría de *lygt*, término anglosajón que significa «débil», «endeble», «enclenque», «enfermizo», y también «sin valor», «inútil», «inservible». *Right* en sentido legal, como un acto concorde con las normas sociales (legítimo, justo) y *right* en un sentido lógico, como contrapuesto a erróneo (exacto, acertado, correcto), son también dos acepciones harto comunes en muchas lenguas. El empleo que en política se hace de los términos «derechas» e «izquierdas» parece remontarse al momento histórico en que surge una fuerza política popular como contrapeso al estamento nobiliario. Los nobles se situaban a la

derecha del rey y los advenedizos del otro extremo —los capitalistas— a su izquierda. Los nobles se situaban a la derecha del monarca porque éste, a su vez, era el noble más encumbrado y porque su lado derecho era la posición de privilegio. En la teología ocurre lo que en política, como evidencia la frase: «A la derecha de Dios Padre».

Podría aducirse multitud de ejemplos que demuestran la existencia de un nexo entre *right* y *straight* (derecho, recto, seguido[25]). En el español hablado en México no se dice «todo seguido» (*straight ahead*) sino «todo derecho» o «siempre recto» (*right right*). Los negros norteamericanos usan del *right on* (adelante) para significar aprobación, a menudo en conexión con sentimientos de exaltación o apasionamiento por una idea. En la actualidad, dentro del inglés coloquial, el término *straight* se emplea con el significado de «convencional», «correcto» o «apropiado». En ruso, *right* (derecho, recto, correcto, etc.) se traduce por *pravo*, palabra emparentada con *pravda* que significa «auténtico», «verdadero» (*true*). En muchos idiomas la palabra *true* tiene una segunda acepción como «certero», «preciso». Así, se dice en inglés: *his aim was true* (tenía buena puntería).

El test Standford-Binet, que mide el coeficiente intelectual de un individuo, trata hasta cierto punto de calibrar la función tanto del hemisferio derecho como del izquierdo. Para determinar el valor de las funciones del hemisferio derecho en algunos tests se pide al sujeto que adivine la figura que resulta de desplegar una hoja de papel que ha sido doblada varias veces y recortada con unas tijeras, o bien se le pide que calcule a ojo el número de unidades que integran un montón de piezas de madera, algunas de las cuales están ocultas a la vista. Aunque los creadores del test Stanford-Binet consideran que estas cuestiones de concepción espacial son muy útiles para determinar la «inteligencia» de los niños, parece que su valor disminuye progresivamente cuando se trata de fijar el coeficiente intelectual de adolescentes y adultos. Desde luego, en estas evaluaciones es escaso el margen que se reserva al calibrado de los elementos intuitivos. Tampoco nos sorprende que los tests de inteligencia se polaricen marcadamente hacia el hemisferio izquierdo.

La intensidad de los prejuicios en favor del hemisferio izquierdo y de la mano derecha se me antoja una especie de guerra en la que el bando que ha

vencido por estrecho margen rebautiza las partes contendientes y los temas más candentes de la vida nacional de forma que las generaciones futuras no vacilen un sólo instante a la hora de decidir dónde radica la lealtad bien entendida. Cuando el partido de Lenin no era más que un grupúsculo en el panorama político de su país, él lo llamó apartido bolchevique», que en ruso significa «partido de la mayoría». La oposición, dócilmente y dando pruebas de soberana estupidez, aceptó para sí la denominación de mencheviques o apartido de la minoría», y en el lapso de un decenio llegó a ser, efectivamente, minoritario. Asimismo, en las asociaciones que por doquier suscitan los términos «derecha» e «izquierda» apunta un rencoroso antagonismo que tuvo su origen en los albores de la historia de la humanidad[26].

En el combate con armas de filo, es decir, capaces de cercenar un miembro o de traspasar un órgano —y también en deportes tales como el boxeo, el béisbol y el tenis—, un contendiente acostumbrado al uso de la mano derecha se encontrará en desventaja si se enfrenta inopinadamente con un adversario zurdo. Asimismo, un esgrimista malintencionado que maneja el florete con la izquierda puede tocar con facilidad a su oponente porque mantiene la mano derecha levantada en un gesto en apariencia amigable y conciliador. Sin embargo, no creemos que esta serie de circunstancias justifiquen ni expliquen el profundo rechazo de que es objeto la mano izquierda, ni tampoco la amplitud del chovinismo derechista entre muchas mujeres, tradicionales enemigas de la violencia.

Quizás un atisbo de explicación, aunque remoto, tenga que ver con la carencia de papel higiénico en las sociedades preindustriales. Durante buena parte de nuestra historia pasada, y también hoy, en muchas partes del mundo después de excretar se utiliza la mano izquierda para la higiene personal, un hecho perfectamente normal y generalizado en las culturas pretecnológicas. De ello no se desprende que los que siguen esta costumbre se complazcan en ella. No sólo resulta vulgar desde un punto de vista estético, sino que se corre el riesgo de contraer graves infecciones y de contagiar también a los demás. La precaución más elemental es la de saludar y comer con la otra mano. En las sociedades pretecnológicas la mano izquierda se utilizaba casi sin excepción para los susodichos

menesteres higiénicos, y la derecha para el saludo y la ingestión de alimentos. El quebrantamiento ocasional de esta convención social se miraba —cosa comprensible— con verdadero horror y, así, los niños que contravenían la norma acuñada respecto al recto uso de las manos eran severamente castigados. En los países occidentales son muchas las personas de edad que todavía recuerdan las rígidas prohibiciones que limitaban el uso de la mano izquierda, aunque sólo fuera para tomar un objeto. Pienso que esta explicación puede servir para aclarar el porqué de la virulencia contra todo lo que guarde relación con la «izquierda» así como la autocomplaciente ampulosidad de que se dota, a modo de mecanismo defensivo, a todo lo vinculado con la «derecha», actitud generalizada en una sociedad donde la mayoría de sus componentes se valen de la mano diestra. Con todo, la explicación no aclara por qué inicialmente se prefirió la mano derecha a la izquierda para el desempeño de estas funciones concretas. Cabría argüir que, estadísticamente, hay una probabilidad sobre dos de que las funciones higiénicas sean relegadas a la mano izquierda. Pero en tal caso parece obligado inferir que una sociedad de cada dos debería mostrar una actitud ponderada hacia todo lo que guarde relación con la izquierda, y, sin embargo, este tipo de sociedades parecen ser, de hecho, inexistentes. En una sociedad donde la mayoría de la gente utiliza la mano derecha, las tareas que exigen cierta precisión, como la ingestión de alimentos o el manejo de un arma en combate, se encomendarían a la mano favorita, y, por exclusión, las funciones de tipo higiénico se abandonarían a la mano zurda. Sin embargo, ello tampoco explica por qué la sociedad se decanta por el uso de la mano derecha. En su más estricto sentido, hay que buscar la explicación en otra parte.

No existe una relación directa entre la mano que uno prefiere utilizar para la mayoría de las tareas y el hemisferio cerebral que regula el habla, lo que no impide que buen número de los que utilizan la mano izquierda puedan tener los centros de expresión oral en el hemisferio izquierdo, extremo éste muy controvertido. Sin embargo, se estima que la predisposición al uso de una mano determinada tiene que ver con la lateralización cerebral. Existen indicios de que los zurdos experimentan más dificultades que los que utilizan la derecha en ciertas funciones

privativas del hemisferio izquierdo, tales como la lectura, la escritura, el habla y la realización de operaciones aritméticas. Por el contrario, suelen mostrar mayor aptitud en lo que concierne a determinadas funciones del hemisferio derecho, como la imaginación, el reconocimiento de configuraciones y la creatividad en sentido genérico[27]. Algunos indicios sugieren que tal vez se da en el ser humano una polarización de *índole genética* que predispone al uso de la mano derecha. Así, el número de cordoncillos que se observan en las huellas digitales de los fetos durante el tercero y cuarto mes del embarazo es mayor en la mano derecha que en la izquierda, y esta preponderancia persiste a lo largo de la vida intrauterina y en la fase postnatal.

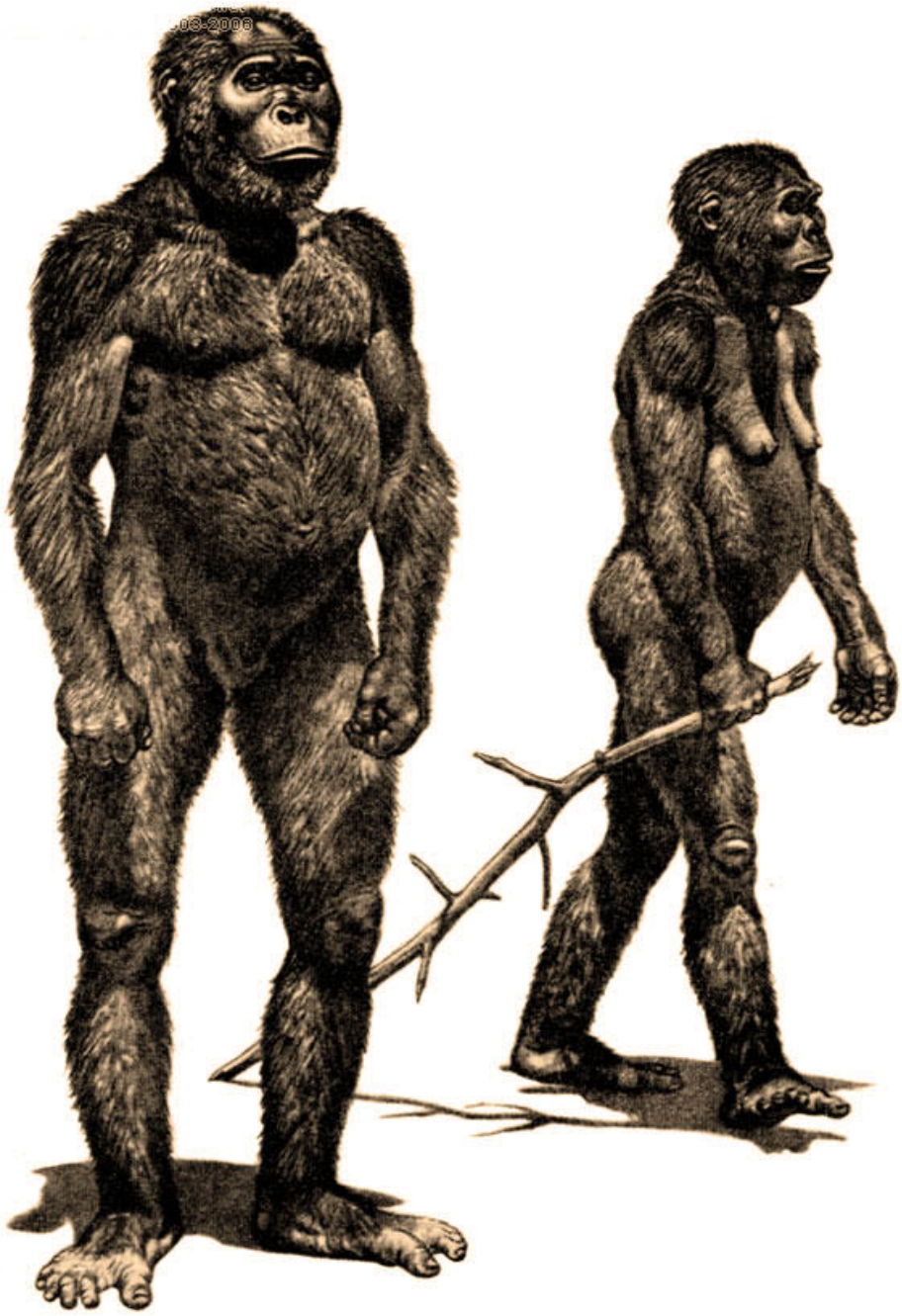


Ilustración 40. Dos australopitecos robustos. Es posible que la mayoría de estos animales fueran predominantemente diestros, así como también, el australopiteco grácil.

Se ha podido obtener información sobre la tendencia en el uso de las manos por parte de los australopitecos mediante el análisis de cráneos fósiles de babuinos que fueron fracturados con palos de hueso o con garrotes por estos primeros parientes del hombre. Raymond Dart, descubridor de los fósiles de australopitecos, llegó a la conclusión de que

alrededor del veinte por ciento de ellos utilizaban la mano izquierda, porcentaje que se corresponde, poco más o menos, con el que se observa en el hombre actual. Por contra, mientras que otras especies animales suelen mostrar preferencia por una u otra pata, los australopitecos no se decantan específicamente ni por la derecha ni por la izquierda.

Por lo que atañe al hombre, la diferenciación en el uso de la mano se remonta a un pasado muy lejano. Me pregunto si esta polaridad entre palabras etimológicamente relacionadas con las voces «derecha» e «izquierda» no es reflejo de la pugna entre lo racional y lo intuitivo, entre uno y otro hemisferio. El hemisferio verbal es el que controla el lado derecho, y aunque tal vez no posea tanta sutileza como el izquierdo, sí tiene, ciertamente, mejor prensa. El hemisferio izquierdo, se muestra muy a la defensiva, por no decir extrañamente inseguro, en su relación con el hemisferio derecho, y si ello es así sospechamos que el criticismo verbal del pensamiento intuitivo se asienta en dudosas motivaciones. Por desdicha, todo induce a pensar que también el hemisferio derecho se muestra igualmente receloso hacia el izquierdo, recelos que, por supuesto, no expresa por la vía verbal.

Admitiendo la validez de ambos métodos de pensamiento, el del hemisferio izquierdo y el del hemisferio derecho, debemos preguntarnos si resultan igualmente eficaces y útiles ante un cambio de circunstancias. No cabe duda de que el pensamiento intuitivo propio del hemisferio derecho es capaz de percibir configuraciones y nexos demasiado complejos para el hemisferio izquierdo, pero también puede detectar configuraciones donde no las hay. El pensamiento crítico y escéptico no es un rasgo distintivo del hemisferio derecho, y puede resultar que las teorías elaboradas exclusivamente por él, particularmente en circunstancias nuevas y difíciles, sean erróneas o paranoides.

En una serie de experimentos llevados a cabo recientemente por Stuart Dimond, psicólogo del Colegio Universitario de Cardiff (Gales), se emplearon lentes de contacto especiales para proyectar películas a uno u otro hemisferio por separado. No hace falta decir que en un individuo

normal la información recogida por un hemisferio se transmite al otro por conducto del cuerpo calloso. Los sujetos sometidos a experimentación tuvieron que clasificar diversas películas atendiendo al contenido emocional. Con ello se demostró que el hemisferio derecho tiene una tendencia manifiesta a ver el lado hostil, desagradable y hasta repelente de la vida. Los psicólogos de Cardiff descubrieron también que estando ambos hemisferios en actividad nuestras respuestas emocionales se asemejan en gran manera a las que ofrece el hemisferio izquierdo aisladamente. Parece que en la vida cotidiana el negativismo del hemisferio derecho se ve fuertemente compensado por el hemisferio izquierdo, que tiende a ver la vida de forma más despreocupada. De todos modos, una oscura y sospechosa inflexión emotiva parece ocultarse en el hemisferio derecho, lo que podría explicar hasta cierto punto el repudio que la parte de nuestra individualidad contenida en el hemisferio izquierdo manifiesta hacia la «siniestra» condición atribuida a la mano izquierda y al hemisferio derecho.

Un paranoico puede llegar a pensar que existe una conspiración en su contra, o sea, que vislumbra ocultas y malévolas intenciones en sus amigos, asociados o en el propio gobierno, cuando en realidad dicha actitud antagónica es inexistente. Si realmente hubiera conspiración, el sujeto tal vez se mostraría angustiado en extremo, pero no por ello podría ser tachado de paranoico. A este respecto la historia nos presenta el caso de James Forrestal, primer secretario de Defensa de los Estados Unidos. Concluida la segunda guerra mundial, Forrestal tenía el convencimiento de que agentes secretos israelíes le seguían a todas partes. Los médicos, convencidos de lo absurdo de esta fijación, le declararon paranoico y le confinaron en la planta superior del hospital militar Walter Reed. Un buen día se arrojó al vacío y encontró la muerte, en parte debido a la inadecuada vigilancia del personal médico que le atendía, excesivamente respetuoso con uno de sus más prominentes conciudadanos. Más tarde se supo que, en efecto, Forrestal estaba sometido a vigilancia por agentes israelíes, a quienes preocupaba que el secretario de Estado pudiera suscribir un acuerdo secreto con los representantes de los países árabes. Aun cuando Forrestal estaba mentalmente enfermo, es indudable que la diagnosis de paranoia no contribuyó a mejorar su condición.

En épocas de rápida transformación social aumenta el número de conspiraciones, tanto por parte de los que desean impulsar el cambio como por los defensores del *statu quo* (más por parte de los últimos que de los primeros, al menos en la historia política norteamericana de los últimos años). Creer en la existencia de una conspiración cuando no la hay es un síntoma de paranoia; detectarla cuando existe realmente, es prueba de salud mental. Un amigo mío suele decir: «Hoy, en Estados Unidos, si no estás un poco paranoico es que andas mal de la cabeza». Esta observación tiene valor universal.

Es imposible determinar si las configuraciones detectadas por el hemisferio derecho son reales o imaginarias sin someterlas al escrutinio del hemisferio izquierdo. De otro lado, el pensamiento meramente crítico, sin percepciones creativas e intuitivas, sin la búsqueda de nuevas pautas, es completamente estéril y está condenado al fracaso. Para poder resolver problemas complejos en circunstancias cambiantes es precisa la actividad conjunta de los dos hemisferios cerebrales. La senda hacia el futuro pasa por el cuerpo calloso.

Uno entre los muchos ejemplos de comportamiento diferenciado, producto de unas funciones cognoscitivas que también lo están, es la reacción normal ante la vista de la sangre. Muchos de nosotros nos sentimos afectados de alguna manera viendo a una persona sangrar copiosamente, e incluso los hay que pierden el conocimiento. Creo que la razón está muy clara. A lo largo del tiempo, hemos asociado nuestra propia pérdida de sangre con el dolor, el daño y la violación de nuestra integridad corporal, de aquí que nos sintamos condolidos o afectados al ver sangrar a otra persona. Nos hacemos solidarios de su dolor. Probablemente este sea el motivo de que en muchas sociedades humanas el color rojo se utilice para indicar peligro o en las señales de *stop*[28] (Si el pigmento portador de oxígeno que tenemos en la sangre fuera de color verde —cosa no imposible desde el punto de vista bioquímico— todos consideraríamos que el verde es un indicador natural de peligro y nos sonreiríamos ante la idea de utilizar el rojo). Por otra parte, el médico reacciona de muy distinta manera a la vista de la sangre y se pregunta cuál es el órgano dañado, si hay hemorragia, si la sangre que fluye es venosa o arterial y si conviene o no aplicar un

torniquete. Son éstas funciones analíticas que competen al hemisferio izquierdo y que requieren procesos cognitivos analíticos más complejos que la mera asociación de la sangre con el dolor, y, por supuesto, de valor mucho más práctico. Si yo sufriera algún daño, preferiría tener a mi lado un médico competente al que una larga experiencia ha familiarizado con la vista de la sangre que no estar en compañía de un amigo que siente en el alma lo ocurrido pero que sufre un desmayo viendo como me desangro. No cabe duda de que este último tendrá poderosas motivaciones para no causar daño a otra persona, pero será el médico quien preste ayuda eficaz en caso de que sobrevenga el daño. En una especie animal idealmente estructurada, estas diferentes actitudes coincidirían simultáneamente en un solo individuo, como de hecho sucede con muchos de nosotros. Por más que uno y otro modo de pensamiento posean un grado muy diverso de complejidad, tienen un valor complementario de cara a la supervivencia.

Un ejemplo característico de la resistencia que a veces opone el pensamiento intuitivo a las netas conclusiones del pensamiento analítico lo tenemos en la opinión de H. Lawrence sobre la naturaleza de la Luna: «Me da lo mismo que me digan que la Luna es una roca inerte en el firmamento. Yo *sé positivamente* que no lo es». Por supuesto, la Luna es más que una roca inerte en el firmamento. Es hermosa, tiene connotaciones románticas, es causa de mareas y hasta puede que, en última instancia, sea el factor que condiciona el ciclo menstrual de la mujer. Pero es innegable que uno de sus rasgos es, precisamente, el ser una roca inerte en el cielo. El pensamiento intuitivo se desenvuelve a sus anchas en los dominios en los que hemos tenido experiencia personal de tipo evolucionista, pero en parcelas tan nuevas como la determinación de la naturaleza de los objetos celestes más cercanos a la Tierra, el razonamiento intuitivo debe mostrarse más cauto en sus aserciones y dispuesto a acomodarse a las percepciones que el pensamiento racional arrebata a la naturaleza. Por la misma razón, los procesos del pensamiento racional no constituyen fines en sí mismos, sino que deben entenderse en el contexto más amplio del bienestar humano. La naturaleza y la orientación del empeño racional y analítico deberían estar determinados en buena parte por las implicaciones humanas fundamentales tal como nos son reveladas por el conocimiento intuitivo.

En cierto modo, la ciencia puede ser definida como el pensamiento paranoide aplicado a la naturaleza. En efecto, andamos a la búsqueda de conspiraciones naturales, de nexos entre hechos aparentemente dispares. Nuestro objetivo no es otro que abstraer configuraciones o modelos de la naturaleza (pensamiento del hemisferio derecho), pero muchas de las pautas propuestas no se corresponden en la práctica con la realidad de estos hechos. De aquí la conveniencia de someter todos los criterios avanzados al cedazo del análisis crítico (pensamiento del hemisferio izquierdo). La búsqueda de configuraciones sin análisis crítico y la ostentación de un rígido escepticismo sin la búsqueda de configuraciones son las antípodas de una ciencia incompleta. La búsqueda efectiva del saber requiere la concurrencia de ambas funciones.

En la actualidad, el cálculo matemático, la física newtoniana y la óptica geométrica —todos ellos inferidos de argumentos esencialmente geométricos— se enseñan y demuestran en gran parte en base a razonamientos analíticos; el hemisferio derecho interviene más en el aspecto creativo de la física y de la matemática que en la enseñanza de dichas disciplinas. Lo mismo ocurre hoy en el terreno de las grandes formulaciones científicas, generalmente intuitivas y expuestas en los artículos científicos, también por norma, mediante argumentos analíticos lineales. Nada anómalo hay en ello. Por el contrario, así es como debe ser. Los actos creativos son en buena medida resultado de los componentes del hemisferio derecho, pero los razonamientos sobre la validez del resultado son, primordialmente, funciones del hemisferio izquierdo.

Una de las más formidables intuiciones de Albert Einstein, de capital importancia para la teoría de la relatividad general, fue la de que la gravitación podía ser entendida asignando el valor cero al tensor contraído de Riemann-Christoffel. Pero este argumento sólo fue aceptado porque era posible determinar con detalle las consecuencias matemáticas de la ecuación, ver si sus predicciones diferían de las de la gravitación newtoniana y recurrir luego a la experimentación para observar de qué lado se inclinaba la naturaleza. En tres notables experimentos —la desviación de la luz estelar en las proximidades del sol; el movimiento de la órbita de Mercurio, el planeta más cercano al astro; el corrimiento hacia el rojo (*red*

shift) de las líneas espectrales por acción de un intenso campo gravitatorio estelar—, la naturaleza se inclinó a favor de las teorías de Einstein. Pero de no haber mediado estos ensayos experimentales muy pocos físicos hubiesen dado por buena la teoría de la relatividad general. Existen en el campo de la física numerosas hipótesis de valor y nivel intelectual comparables a las formuladas por Einstein que han sido rechazadas porque no consiguieron salir airosas de la confrontación con la vía experimental. Por mi parte, creo que la condición humana se vería muy beneficiada si esta pugna y afán de poner a prueba las hipótesis científicas y de otro género fuera una constante de nuestra vida social, política, económica, religiosa y cultural.

No sé de ningún progreso científico notable que no requiera un gran acopio de datos de ambos hemisferios cerebrales. No puede decirse otro tanto del arte, campo en el que, manifiestamente, ningún observador, por capacitado, entregado y objetivo que sea, puede llevar a cabo experimentos que determinen a satisfacción de todos qué muestras artísticas deben ser consideradas como obras maestras. Entre los centenares de ejemplos que se podrían aducir, cabe resaltar que los más destacados críticos, revistas y museos de arte de finales del siglo XIX y primeros del XX rechazaron de plano la corriente impresionista francesa. Pues bien, hoy estas mismas instituciones consideran a los artistas de esta tendencia auténticos maestros de la pintura. Tal vez dentro de un siglo el péndulo vuelva a oscilar hacia el otro lado.

Este mismo libro, del que soy autor, viene a ser un ejercicio de reconocimiento de configuraciones, de modelos, una tentativa para llegar a una mínima comprensión de la naturaleza y evolución del intelecto humano a partir de los indicios que proporcionan una amplia variedad de disciplinas científicas y mitos. En buena medida es obra del hemisferio derecho, y durante su elaboración me he despertado muchas veces en mitad de la noche, o de madrugada, desasosegado por el júbilo contenido de una intuición que me había venido a la mente. Pero la autenticidad de estas intuiciones —y confío en que muchas de ellas exijan una revisión sustancial — dependerá de la eficiencia con que haya trabajado mi hemisferio *izquierdo* (y, también, de si he mantenido determinadas formulaciones, por cuanto ignoro las pruebas que las contradicen). En el curso de la redacción

de este libro me he visto frecuentemente sorprendido al constatar su carácter de meta-ejemplo, en el sentido de que tanto su concepción como su ejecución ilustran el tema de que trata.

En el siglo XVII la relación entre cantidades matemáticas podía expresarse de dos maneras: mediante una ecuación algebraica o trazando una curva. René Descartes demostró la identidad formal de estas dos estimaciones del mundo matemático al inventar la geometría analítica, que permite la representación gráfica de las ecuaciones algebraicas. (Digamos de paso que Descartes era, también, un anatomista interesado en la localización de las funciones del cerebro). En la actualidad, la geometría analítica es una asignatura que se estudia en el bachillerato, pero en la época de referencia supuso una brillante aportación. Sin embargo, una ecuación algebraica es una construcción prototípica del hemisferio izquierdo, en tanto que una curva geométrica regular, es decir, la resultante gráfica obtenida mediante la unión de diversos puntos en el espacio, es una elaboración característica del hemisferio derecho. En cierto sentido, cabe afirmar que la geometría analítica es el cuerpo calloso de las matemáticas. En la actualidad observamos que gran número de teorizaciones, o bien se muestran antagónicas, o bien acusan una evidente falta de interacción. En algunas importantes instancias suponen un enfrentamiento entre consideraciones o perspectivas del hemisferio izquierdo y del hemisferio derecho. Una vez más se echa desesperadamente en falta un nexo que, como en el caso de Descartes, relacione teorías en apariencia inconexas o antitéticas.

Pienso que las actividades creativas más notables surgidas en nuestra cultura o en cualquier otra cultura humana anterior —códigos legales y éticos, arte y música, ciencia y técnica— fueron posibles merced a la acción conjunta de los hemisferios cerebrales derecho e izquierdo. Esos actos creativos, aun cuando se produzcan raras veces o correspondan sólo al empeño de unos pocos, han contribuido a transformar el hombre y el mundo. Bien podría decirse que la cultura humana es la función por excelencia del cuerpo calloso.

8

LA EVOLUCIÓN FUTURA DEL CEREBRO

«La peligrosidad es cosa del futuro… Los más notables avances de la civilización son procesos que casi aniquilan a las sociedades en cuyo seno se producen».

ALFRED NORTH WHITEHEAD, *Adventures in ideas*

«La voz del intelecto es callada, pero no ceja hasta conquistar una audiencia y, en última instancia, después de interminables repudios, consigue su objetivo. Es éste uno de los pocos aspectos en los que cabe un cierto optimismo sobre el futuro de la humanidad».

SIGMUND FREUD, *El futuro de una ilusión*

«La mente del hombre es capaz de todo, porque todo está contenido en ella, tanto el pasado como el futuro».

JOSEPH CONRAD, *Heart of Darkness*

El cerebro humano parece hallarse en una fase de inestable tregua, con esporádicas escaramuzas y raros combates. La existencia de componentes cerebrales con predisposición hacia un tipo de conducta no es una invitación al fatalismo ni a la angustia, puesto que ejercemos un control sustancial sobre el grado de intervención de cada uno de estos componentes. La anatomía no es determinismo, pero tampoco un factor irrelevante. Hay por lo menos algunas enfermedades mentales que pueden interpretarse en base a la existencia de un conflicto entre las partes neurales concurrentes. La mutua represión entre los componentes cerebrales se polariza en múltiples direcciones. Hemos mencionado ya la represión que ejercen el sistema límbico y el neocórtex sobre el complejo R, pero puede darse también a través de la propia comunidad social una represión del complejo R sobre el neocórtex y de un hemisferio cerebral sobre otro.

Por regla general, las sociedades humanas no son innovadoras, sino más bien jerárquicas y ritualistas. Cualquier sugerencia de cambio se acoge con recelo, ya que implica la incómoda transformación futura del ritual y la jerarquía imperantes, es decir, la sustitución de una serie de rituales por otra o, tal vez, por una sociedad menos estructurada y regida por un número inferior de rituales. Sin embargo, llega un momento en que es preciso que las sociedades cambien. «Los dogmas de un pasado tranquilo son insuficientes para un presente tumultuoso», aseveró Abraham Lincoln. Buena parte de las dificultades que surgen al intentar reestructurar las sociedades norteamericanas y de otros pueblos arrancan de la resistencia que oponen los grupos que tienen intereses creados en el *statu quo*. Es probable que una transformación profunda de la sociedad obligue a los que

ocupan el pináculo de la jerarquía a descender muchos peldaños, lo cual les irrita y les mueve a ofrecer resistencia.

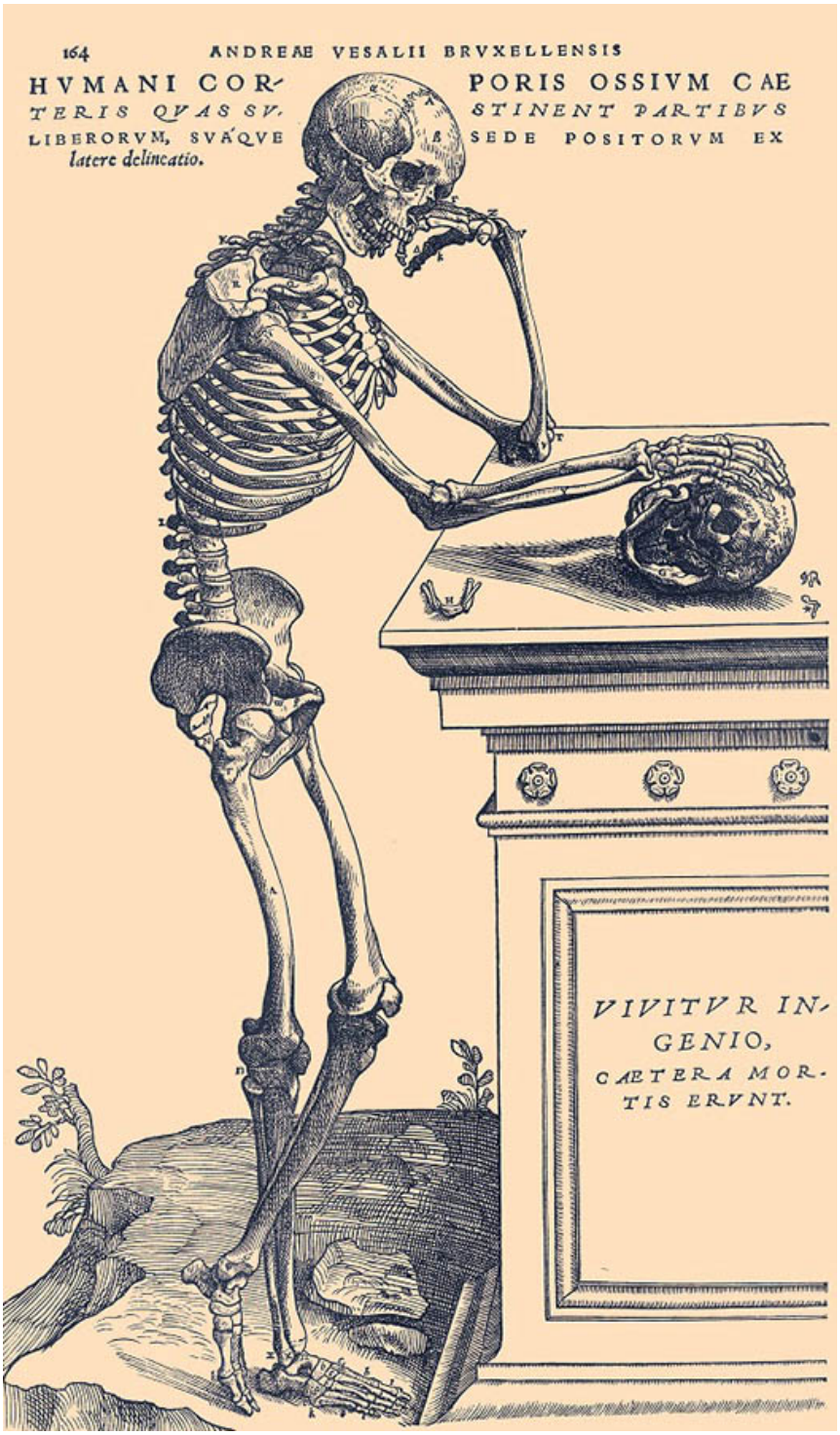


Ilustración 41. El hombre examinándose a sí mismo. Obra de Vesalio, padre de la anatomía moderna.

Sin embargo, se observa en la sociedad occidental algún cambio, incluso cambios de consideración, aunque a todas luces insuficientes. Pero en todo caso, las mutaciones son ahí más evidentes que en ninguna otra sociedad. En efecto, las culturas más arcaicas y estáticas se muestran mucho más reticentes ante cualquier transformación. En *The forest people* (Los habitantes de la selva), Colin Turnbull nos ofrece una conmovedora descripción de una muchacha pigmea tullida a la que unos antropólogos que visitaron la tribu proporcionaron lo que en aquel momento constituía una asombrosa innovación: un par de muletas. A pesar de que sirvieron para paliar en gran manera los sufrimientos de la muchachita, los adultos de la tribu, sin excluir a los padres, se mostraron indiferentes ante esta invención[29]. Existen muchos otros ejemplos de desapego hacia todo lo nuevo en las sociedades de corte tradicional, y podrían abstraerse numerosos casos ilustrativos repasando las vidas de personajes como Leonardo, Galileo, Erasmo, Darwin o Freud.

Por regla general, el tradicionalismo que exhiben muchas sociedades estáticas tiene una misión adaptativa. Las formas culturales que rigen en ella se han desarrollado trabajosamente a lo largo de muchas generaciones, y se sabe que cumplen a satisfacción sus propósitos. Al igual que ocurre en las mutaciones, un cambio fortuito puede interferir esta dinámica. Pero también como aquéllas, los cambios son necesarios para conseguir la adaptación a nuevas circunstancias ambientales. La tensión entre estas dos tendencias puntea gran parte de las pugnas políticas de nuestra era. En las épocas caracterizadas por una rápida transformación del medio físico y social, como ocurre en nuestros días, la acomodación al cambio y la aceptación del mismo tienen un fin adaptativo, pero no así en las sociedades que habitan en un entorno estático. Las formas de vida de los pueblos cazadores/recolectores han sido de utilidad al hombre durante un largo período de nuestra historia, y creo que existen pruebas irrefutables de que en cierto sentido la evolución nos ha configurado para que nos desenvolvamos en una cultura de este tipo. Al abandonar la vida del cazador/recolector abandonamos la infancia de nuestra especie. Tanto la cultura primitiva como la cultura de la era tecnológica son productos del

neocórtex. A la sazón, nos encaminamos irreversiblemente por esta última senda, pero necesitaremos algún tiempo para acoplarnos a sus exigencias.

Gran Bretaña ha dado al mundo una serie de eruditos y científicos muy versados en varias disciplinas, algunas veces en posesión de un conocimiento enciclopédico. Por lo que atañe a nuestra época podemos citar los nombres de Bertrand Russell, A. N. Whitehead, J. B. S. Haldane, J. D. Bernal y Jacob Bronowski. Según Russell, para que surjan individuos tan dotados es preciso que su infancia haya discurrido sin apenas presiones y lejos de todo conformismo, que el muchacho o muchacha haya podido cultivar y acrecentar sus intereses por peculiares y extravagantes que pudieran parecer. Debido a las fuertes presiones que el Estado y el propio entorno ejercen en los muchachos dotados para someterlos a las exigencias sociales, no es extraño que ni en Estados Unidos, ni menos aún en la Unión Soviética, Japón o la República Popular China, surja un número proporcional de individuos en posesión de conocimientos enciclopédicos. Creo, por lo demás, que existen indicios de que también Gran Bretaña conoce en la actualidad un manifiesto declive en este aspecto.

Hoy más que nunca, cuando tantos y tan complejos problemas asaltan a la especie humana, es necesaria la presencia de individuos con un alto coeficiente intelectual y un amplísimo campo de intereses. Habría que encontrar la fórmula, compatible con los ideales democráticos que pregonan estos países, para estimular, sin deshumanizar la tarea, el desarrollo intelectual de aquellos adolescentes especialmente dotados. Sin embargo, el panorama es desalentador, ya que tanto los sistemas docentes como los métodos de examen que rigen en la mayoría de estos países adolecen de una ritualización casi reptílica del proceso educacional. En ocasiones me pregunto si la carga agresiva y sexual de los productos televisivos y fílmicos que ofrecen las productoras norteamericanas refleja el hecho de que el complejo R se halla bien afirmado en todos nosotros, en tanto que muchas funciones neocorticales se expresan más raramente porque estamos menos familiarizados con ellas y no las apreciamos en su justo valor, debido, en parte, a la naturaleza represiva de las instituciones docentes y de la propia comunidad nacional.

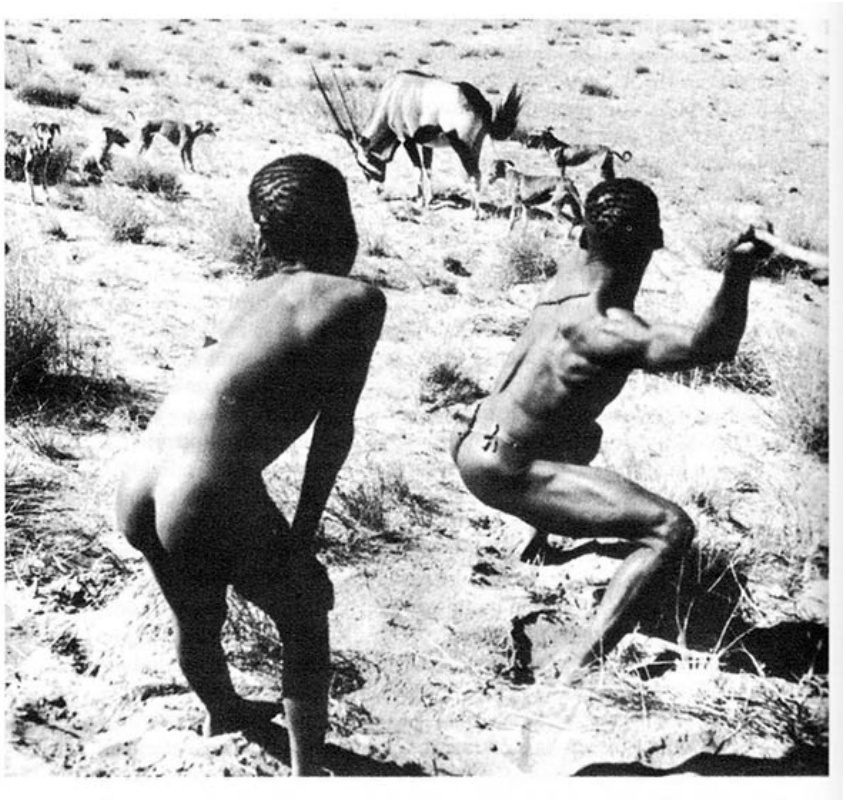


Ilustración 42. Un cazador/recolector acecha a su presa y, a la vez, educa al muchacho. Esta forma de vida, que durante millones de años ha sido característica de nuestra especie, se halla a la sazón casi extinta.

Como resultado de los profundos cambios sociales y tecnológicos acaecidos en los últimos siglos el mundo no marcha como es debido. Resulta que no vivimos en sociedades tradicionales estáticas, pero nuestros gobiernos, opuestos al cambio, actúan como si así fuera. Si antes no nos destruimos a nosotros mismos, el futuro pertenece a las comunidades sociales que, sin ignorar las partes reptílicas y los componentes propios de los mamíferos, permitan el florecimiento de los rasgos genuinamente humanos de nuestra naturaleza, a las sociedades dispuestas a invertir recursos en una multiplicidad de experimentos de orden social, político, económico y cultural, y que estén dispuestas a sacrificar ventajas inmediatas por beneficios a largo plazo. El futuro pertenece, en fin, a las sociedades que consideran las ideas innovadoras como delicadas, frágiles y preciosas vías hacia el futuro.

Un mejor conocimiento del cerebro puede influir también algún día en cuestiones sociales tan delicadas como son la definición de la muerte y la aceptabilidad del aborto. Por regla general, en los países de occidente priva el criterio ético de que, si las circunstancias lo justifican, es permisible dar

muerte a primates distintos del hombre y, con mayor motivo, a otros mamíferos. Sin embargo, un individuo no puede, en las mismas circunstancias, matar a otro ser humano. De ello se infiere que la diferencia entre una y otra actitud se explica por las cualidades específicamente humanas del cerebro. De la misma manera, cuando funcionan partes sustanciales del neocórtex, debe considerarse que el paciente en estado de coma está ciertamente vivo en un sentido humano, a pesar del grave deterioro de otras funciones físicas y neurológicas. Por el contrario, un paciente vivo pero que no presente indicios de actividad neocortical (ni siquiera la que se da durante el sueño) debe conceptuarse, en un sentido humano, como muerto. En muchos de estos casos el neocórtex ha dejado fatalmente de funcionar, mientras que el sistema límbico, el complejo R y los componentes cerebrales inferiores siguen operantes, a la par que funciones básicas como la respiración y la circulación sanguínea no se ven afectadas. En mi opinión hace falta profundizar más en el conocimiento de la fisiología del cerebro humano antes de poder dar una definición genérica y bien fundamentada de la muerte, pero lo más probable es que la senda que conduce a esta definición nos lleve a contraponer el neocórtex a los restantes componentes del cerebro.

Ideas similares podrían ayudar a resolver el apasionado debate sobre el aborto surgido en los Estados Unidos mediado el actual decenio, una controversia en extremo vehemente caracterizada por el rechazo rotundo de los puntos de vista de la otra parte. Por un lado están los que sostienen el derecho innato de la mujer al «control de su propio cuerpo», lo cual incluye, según los que defienden esta tesis, el poder provocar la muerte del feto en base a diversos motivos, entre los que destacan la aversión psicológica a engendrar un hijo y la falta de medios para educarlo. En el otro extremo están los que defienden la idea del «derecho a la vida», la aserción de que la muerte de un simple cigoto, de un óvulo fertilizado antes de la primera etapa embrionaria, equivale a un asesinato, por cuanto el cigoto lleva en sí la capacidad de dar vida a un ser humano. Soy perfectamente consciente de que en un tema en el que concurren sentimientos tan apasionados toda solución que se proponga no satisfará a ninguna de las dos partes, y en ocasiones el corazón y la mente nos llevan a diferentes conclusiones. Sin

embargo, retomando algunas ideas avanzadas en capítulos anteriores de este libro, quisiera ofrecer aunque sólo fuera una tentativa de compromiso razonable.

En indiscutible que legalizando el aborto se evita el drama y la carnicería a que conduce muchas veces el aborto clandestino —realizado por manos incompetentes—, y que en una civilización cuya supervivencia se ve amenazada por el espectro de un crecimiento demográfico sin control alguno, el aborto médico puede redundar en beneficio de la sociedad. Por otro lado, el infanticidio a secas resuelve de golpe ambos problemas y de hecho se ha empleado de manera generalizada en el seno de numerosas comunidades humanas, entre ellas determinados sectores sociales de la antigua Grecia, país que suele considerarse como la cuna de nuestra cultura. En la actualidad sigue practicándose en gran medida; en muchas partes del mundo uno de cada cuatro recién nacidos no vive más allá de un año. Sin embargo, y con arreglo a las leyes que rigen en la sociedad occidental, no cabe la menor duda de que el infanticidio constituye un asesinato. Teniendo en cuenta que un sietemesino, es decir, un niño nacido prematuramente en el séptimo mes del embarazo, no se diferencia en nada fundamental del feto que lleva siete meses en el útero, me parece lógico concluir que el aborto, por lo menos en los últimos tres meses, ronda el asesinato. Las objeciones de que el feto durante el tercer trimestre todavía no respira me parecen un tanto equívocas, y, así, cabría preguntarse si es permisible cometer infanticidio inmediatamente después de que la criatura haya nacido, cuando todavía no se ha cortado el cordón umbilical ni el niño ha aspirado la primera bocanada de aire. En una línea discursiva similar, si yo no estoy psicológicamente preparado para convivir con un extraño, por ejemplo, en un cuartel o en una residencia universitaria, no por ello tengo derecho a darle muerte, y, de la misma manera, la irritación que pueda producirme el destino que se da al dinero que pago en concepto de impuestos no debe llevarme al extremo de exterminar a los recipendiarios de los mismos. Con frecuencia suele entremezclarse en estos debates la cuestión de las libertades civiles. ¿Por qué se me han de imponer las convicciones de otros sobre esta cuestión?, se preguntan algunos. Con todo, aquellos que

personalmente no suscriben el concepto convencional de asesinato, se ven constreñidos por la sociedad a someterse a lo dispuesto en el código penal.

En el polo opuesto de la discusión, la frase «derecho de la vida» constituye un ejemplo claro de expresión altisonante concebida para impresionar más que para aclarar las cosas. Ni hoy ni nunca ha existido en ningún país de la tierra el derecho a la vida (tal vez haya alguna excepción, como los jainís de la India). Criamos animales domésticos para luego darles muerte, destruimos los bosques, contaminamos ríos y lagos hasta causar la muerte de toda la fauna piscícola, cazamos venados por deporte, leopardos por la piel y ballenas para preparar comida para los perros, atrapamos a los delfines, boqueantes y semiasfixiados, con grandes redes del tipo utilizado para la pesca del atún, y sentenciamos a muerte a los perros cachorros para «equilibrar la población». Todos estos animales y vegetales están tan vivos como nosotros. Lo que muchas sociedades humanas protegen no es la vida, sino la vida del hombre, y aún así desencadenamos guerras con medios «modernos» que causan estragos en la población civil y que suponen un tributo tan escandaloso que muchos de nosotros ni siquiera nos atrevemos a entrar en su consideración. A menudo se intenta justificar este genocidio acudiendo a una redefinición racista o nacionalista de nuestros oponentes que no les reconoce siquiera la condición de hombres.

Debo decir, también, que el argumento acerca de la capacidad del cigoto para dar vida a un ser humano me parece sumamente endeble. En circunstancias propicias cualquier óvulo o esperma tiene este mismo potencial. Con todo, ni la masturbación ni las poluciones nocturnas del varón suelen conceptuarse como actos antinaturales merecedores de una condena por asesinato. Una sola eyaculación contiene suficiente número de espermatozoos para generar centenares de millones de seres humanos. Por si esto fuera poco, es posible que en un futuro no muy lejano podamos dar vida a un ser humano a partir de una simple célula tomada prácticamente de cualquier parte del cuerpo del donante. Si ello es así, cualquier célula del organismo debidamente preservada hasta el momento en que la gestación extracorpórea se lleva a la práctica con garantías puede llegar a convertirse en un ser vivo. Por lo demás, ¿cometo un genocidio si me pincho un dedo y vierto una gota de sangre?

Como puede observarse, se trata de cuestiones muy complejas. Asimismo, me parece evidente que la solución debe entrañar un compromiso entre un número de valores muy preciados pero antagónicos. La cuestión clave del dilema radica en poder determinar en qué momento el feto puede considerarse un ser humano, dilema que a su vez depende de lo que se entienda por humano. Desde luego, no el hecho de tener una configuración humana, porque una masa de material orgánico que se asemejara a un hombre pero que fuera elaborada con tal fin no podría considerarse propiamente humana. Asimismo, un hipotético ser extraterrestre dotado de inteligencia que no se asemejara a nosotros pero que poseyera unas cualidades éticas, intelectuales y artísticas superiores a las del hombre debería entrar en nuestro cuadro de prohibiciones contra el asesinato. Lo que acredita nuestra condición humana no es lo que parecemos, sino lo que somos. La razón por la que prohibimos dar muerte a otro ser humano debe sustentarse en alguna cualidad peculiar del hombre, cualidad a la que conferimos especial valor y que pocos o ningún otro organismo de la tierra posee. Es indudable que la humanidad de un ser no viene determinada por el hecho de que sea capaz de sentir dolor o emociones intensas, ya que entonces deberíamos extender este criterio a los animales a los que damos muerte gratuitamente.

Creo que la cualidad humana básica no puede ser otra que nuestra inteligencia. Si lo consideramos así, la inapelable inviolabilidad de la vida humana puede identificarse con la evolución y la presencia del neocórtex. No podemos exigir que se trate de una evolución plena porque ésta no se produce hasta muchos años después del nacimiento, pero tal vez podríamos determinar que el tránsito a la fase humana acaece en el momento en que se inicia la actividad neocortical tal como viene registrada por la electroencefalografía del feto. La observación de algunas funciones biológicas muy simples nos ofrece indicativos del momento en que el cerebro cobra un carácter específicamente humano (véase la figura de la ilustración 43). Hasta la fecha se ha investigado muy poco dicha cuestión, y estoy convencido de que los estudios en este terreno desempeñarían un papel determinante en la consecución de un compromiso aceptable que zanjara los debates sobre el aborto. Indudablemente, habría diferencias de

un feto a otro en cuanto al momento de iniciación de las primeras señales electroencefalográficas del neocórtex, y todo intento de formular una definición legal del momento en que comienza la vida propiamente humana debería adoptar una pauta de prudencia, es decir, en favor del feto menos desarrollado capaz de exhibir tal actividad. Tal vez el momento de transición habría que fijarlo hacia el término del primer trimestre o próximo al inicio del segundo trimestre del embarazo. (Estamos hablando aquí de lo que, en una sociedad de seres racionales, debiera estar prohibido por la ley. O sea, que todo aquel que piense que el aborto de un feto menos desarrollado que el propuesto como base constituye un asesinato, no tiene por qué verse obligado a llevar a cabo ni a aceptar el aborto en cuestión).

Pero una aplicación consecuente de las ideas expuestas ha de rehuir todo intento de chovinismo humano. Si existen otros organismos cuya inteligencia, aunque de grado inferior, corresponda a la de un ser humano completamente desarrollado, habría que ofrecerles por lo menos la misma protección contra el asesinato que deseamos hacer extensiva al ser humano ya en los comienzos de su vida uterina. Por todo ello, habida cuenta de que existen cuando menos pruebas suficientes que abonan la creencia de que los delfines, ballenas y simios de toda especie son criaturas inteligentes, estimo que toda postura moral sobre el aborto que sea un poco consistente ha de contener severas disposiciones contra, por lo menos, la matanza injustificada de estos animales. Pero creo que la clave última de la solución a la controversia sobre el aborto debe dárnosla la investigación de la actividad neocortical del feto.

¿Qué decir de la evolución futura del cerebro humano? Cada vez se amplía más el ya numeroso cúmulo de pruebas de que muchas enfermedades mentales son consecuencia de alteraciones químicas o de la red neural del cerebro. Dado que muchas enfermedades mentales presentan los mismos síntomas, cabe pensar que tienen un mismo origen y que, por lo tanto, deben ser tratadas con arreglo a una misma terapéutica.

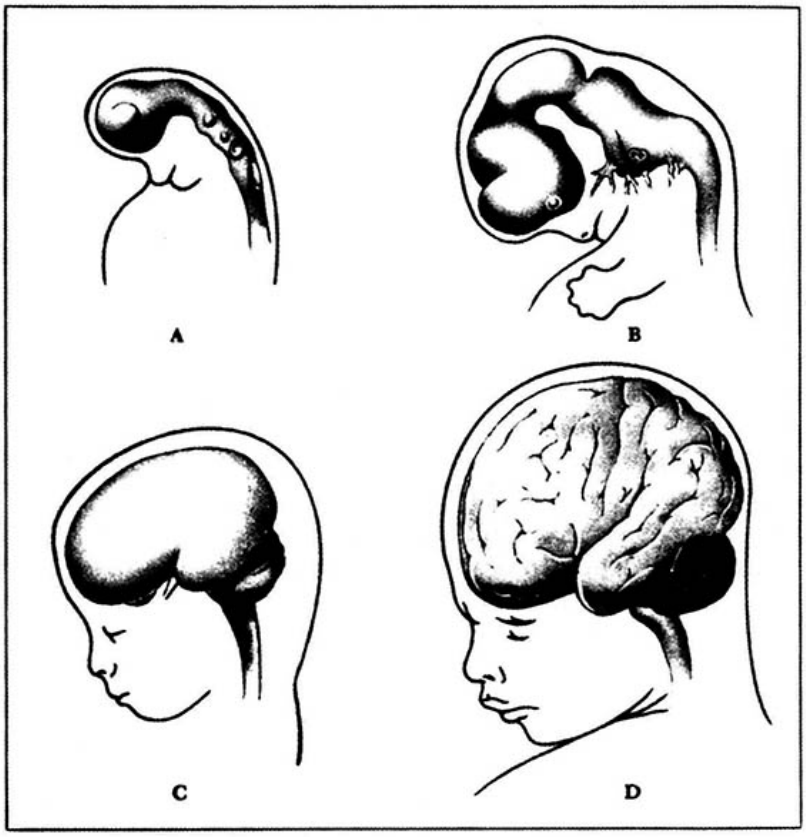


Ilustración 43. Cuatro Fases del proceso embrionario del cerebro humano: A, después de tres semanas de embarazo; B, transcurridas siete semanas; C, después de cuatro meses, y D, en un recién nacido. En las fases A y B el cerebro se asemeja en gran manera al de los peces y anfibios.

Hughlings Jackson, pionero de la neurología en el siglo XIX, observó: «Averigua el contenido de los sueños y conocerás la causa de la insania». Los individuos que no pueden soñar a menudo o tienen dificultades para hacerlo sufren alucinaciones durante el día. La esquizofrenia, por ejemplo, suele llevar aparejado insomnio nocturno, aunque no ha podido determinarse si se trata de una causa o de un efecto. Uno de los aspectos más conmovedores de la esquizofrenia es la infelicidad y la angustia que provoca en sus víctimas. ¿No es posible que la esquizofrenia sea la situación resultante ante la imposibilidad de mantener encadenados a nuestros dragones, cuando estos han roto los grillos que les sujetaban al hemisferio izquierdo y salen bruscamente a la luz del día? Tal vez otras dolencias sean consecuencia de un menoscabo de la función del hemisferio derecho. Así, pocas veces se observan flujos intuitivos en los enfermos obsesivo-compulsivos.

A mediados de los sesenta, Lester Grinspoon y sus colegas de la Facultad de Medicina de Harvard llevaron a cabo una serie de experimentos controlados sobre el valor relativo de distintas técnicas terapéuticas en el tratamiento de la esquizofrenia. Por el hecho de ser psiquiatras, si alguna deformación profesional podía imputárseles era su preferencia por las técnicas de comunicación frente a los tratamientos farmacológicos. Pero con gran sorpresa por su parte descubrieron que la tioridacina (medicamento perteneciente a un grupo de drogas antipsicóticas que producen aproximadamente el mismo efecto y que se conocen como fenotiacinas), tranquilizante recién descubierto, resultaba mucho más eficaz para dominar la enfermedad que no para sanarla. Lo cierto es que, al decir de los propios enfermos, psiquiatras y familiares, la tioridacina era por sí sola tan eficaz, al menos, como el medicamento más la psicoterapia. Sorprende la integridad de los investigadores ante el imprevisto resultado de sus experimentos. (Es poco probable que haya un sólo experimento capaz de convencer a los jefes de fila de muchas doctrinas políticas o religiosas de la superioridad de una doctrina antagonista).

Una serie de investigaciones llevadas a cabo recientemente muestran que las endorfinas, moléculas proteínicas de escaso volumen que se forman por generación espontánea en el cerebro de las ratas y otros mamíferos, pueden provocar en estos animales una marcada rigidez muscular y sumirles en un torpor que recuerda el estado catatónico del esquizofrénico. Todavía desconocemos si la esquizofrenia, antaño padecida por uno de cada diez enfermos internados en los hospitales estadounidenses, tiene un origen molecular o neurológico, pero no es improbable que algún día podamos determinar con exactitud qué componentes o qué sustancias neuroquímicas son causantes de este desarreglo mental.

Los experimentos llevados a cabo por Grinspoon y colaboradores han suscitado un singular dilema en el campo de la ética profesional. En la actualidad los sedantes que se administran a los esquizofrénicos son de tal eficacia que, por norma, se considera inmoral retirárselos al paciente. De ello se sigue que los experimentos realizados para demostrar la eficacia de un sedante no pueden repetirse, pues se considera una crueldad innecesaria negar al paciente el tratamiento que más contribuye a mejorar su condición

y, en consecuencia, es difícil poder experimentar con un grupo de esquizofrénicos privado de dichos medicamentos. Si los experimentos críticos de la quimioterapia de los desórdenes cerebrales sólo pueden realizarse una sola vez, es obvio que deberán hacerse tomando toda clase de garantías para no cometer equivocaciones.

Un ejemplo todavía más sorprendente de este tipo de quimioterapia es el uso del carbonato de litio en el tratamiento de los maníaco-depresivos. La ingestión de dosis de litio cuidadosamente controladas —el litio es el metal más simple y de menor peso específico que se conoce— alivia considerablemente los síntomas de esta terrible enfermedad, siempre según el testimonio del paciente y de los que cuidan de él. Se ignoran los motivos con los cuales una terapia tan sencilla produce efectos tan contundentes, pero lo más probable es que tenga que ver con la química enzimática del cerebro.

Una de las más raras dolencias mentales es la llamada enfermedad de Gilles de la Tourette (que toma el nombre, como es habitual, no del personaje más célebre que la padeció, sino del médico que la identificó como tal). Uno de los muchos trastornos motores y del lenguaje que componen los síntomas de esta dolencia es una manifiesta compulsión a proferir —en el idioma en que el paciente se exprese con más fluidez— una sarta ininterrumpida de imprecaciones y obscenidades. Los médicos aluden a la identificación de esta enfermedad como la «diagnosis del pasillo». No sin grandes dificultades el paciente logra dominar su compulsión durante el intervalo de una corta visita médica, pero tan pronto abandona el consultorio y sale al pasillo prorrumpe en un torrente de palabrotas. Sin duda existe en el cerebro un componente que genera las palabras «feas», y es posible que también los simios lo posean.

El hemisferio derecho sólo puede despachar con éxito muy contadas palabras; expresiones de salutación como «hola», «adiós» y… unas cuantas obscenidades selectas. Tal vez la enfermedad de Tourette afecta solamente al hemisferio izquierdo. El antropólogo británico Bernard Campbell, de la Universidad de Cambridge, manifiesta que el sistema límbico está bien acoplado con el hemisferio cerebral derecho, que, como hemos visto, regula mucho mejor las emociones que el hemisferio izquierdo. Aparte de otros

contenidos, las palabras soeces implican emociones intensas. Sin embargo, y a pesar de su complejidad, la enfermedad de Gilíes de la Tourette parece ser una deficiencia específica de una sustancia química que actúa de transmisor de neuronas y puede aliviarse en gran manera mediante dosis cuidadosamente reguladas de haloperidol.

Según se desprende de las más recientes investigaciones, las hormonas límbicas como el ACTH y la vasopresina pueden incrementar grandemente la capacidad de retención y evocación en los animales. Estos y otros experimentos parecidos apuntan la posibilidad, ya que no del perfeccionamiento integral del cerebro, sí, por lo menos, de unas perspectivas de mejora sustanciales, tal vez modificando la abundancia o regulando la producción de pequeñas proteínas cerebrales. De los ejemplos mencionados se desprende también que los pacientes experimentan una notable disminución del sentimiento de culpa que suele acompañar a una enfermedad mental, carga que rara vez encontramos, pongamos por caso, en los enfermos de sarampión.

La notable fisuración, las circunvoluciones y pliegues corticales del cerebro, así como el hecho de que encaje tan ajustadamente en el cráneo, hacen altamente improbable un aumento suplementario de la masa cerebral. La masa cerebral y la bóveda craneal sólo sufrieron un aumento en fase evolutiva reciente dadas las limitaciones que imponía la pelvis y el canal del parto. Con todo, la práctica de la cesárea, muy rara hace dos mil años, pero muy común en nuestros días, permite que nazcan individuos con mayor volumen cerebral. Otra posibilidad radica en el perfeccionamiento de una tecnología médica que permita el desarrollo integral del feto fuera del útero materno. Sin embargo, el ritmo del cambio evolutivo es tan lento que no cabe pensar en la superación de los problemas que hoy nos asaltan mediante un incremento notable del neocórtex que, consiguientemente, se tradujera en la generación de individuos dotados de un mayor grado de inteligencia. Pero antes de que llegue este momento, aunque no en un futuro inmediato, cabe dentro de lo posible que la neurocirugía potencie aquellos componentes cerebrales que nos parezcan más idóneos e inhiba la acción de aquellos otros que tal vez son causa de algunos de los peligros y contradicciones con que se enfrenta la humanidad. De todos modos, la

complejidad y la redundada de las funciones cerebrales imposibilitan que todo ello se lleve a la práctica en un corto lapso de tiempo, aún en el supuesto de que fuera socialmente apetecible. Lo más probable es que lleguemos antes a elaborar los genes que a remodelar el cerebro.

A veces se indica que este género de experimentos ponen en manos de gobernantes poco escrupulosos, y los hay en cantidad, instrumentos que les permiten oprimir todavía más a sus súbditos. No es difícil, por ejemplo, pensar en un gobierno que aplique por sistema cientos de pequeños electrodos a los centros del «placer» y del «dolor» en el cerebro de los neonatos, electrodos capaces de ser estimulados por radio y a gran distancia, quizá utilizando frecuencias de onda o códigos de acceso sólo conocidos por las autoridades del país en cuestión. Cuando el niño fuera ya un adulto el gobierno estaría en condiciones de estimular, si así lo deseara, sus centros de placer caso de haber cumplido con la porción de trabajo asignada sin desviacionismos ideológicos, en caso contrario, podría optar por estimular sus centros de dolor. Aun cuando se trata de una visión dantesca, no creo que sea un argumento contra los experimentos en torno a la estimulación eléctrica del cerebro; más bien constituye un argumento en contra de la gestión estatal de los hospitales. En el momento en que la comunidad social permitiera a sus gobernantes implantar el uso de estos electrodos puede decirse que tendría la batalla perdida y tal vez, incluso, que merece lo que le viene encima. Como siempre que entran en juego este tipo de pesadillas tecnológicas hay que intentar, ante todo, anticiparse lo más posible a los acontecimientos, educar a la ciudadanía en el buen uso de estos medios e impedir su empleo desorbitado por parte de las autoridades o el lastre de un exceso de organización y de burocracia en su utilización.

Existe ya una amplia gama de drogas psicotrópicas que inciden en el estado de ánimo del individuo y que son, en diverso grado, peligrosas o beneficiosas (el alcohol etílico es quizás una de las más usadas y una de las más peligrosas). Al parecer actúan en áreas específicas del complejo R, del sistema límbico y del neocórtex. Si continúa la actual tendencia, aunque no exista incitación gubernamental, la gente proseguirá sintetizando estas drogas en laboratorios caseros y experimentando por su cuenta con ellas,

hecho que representa un pequeño paso adelante en nuestro conocimiento del cerebro, de sus disfunciones y de sus posibilidades latentes.

Existen motivos para creer que muchos alcaloides y otros medicamentos afectan a nuestros actos en razón de su semejanza química con pequeñas proteínas naturales del cerebro tales, como las endorfinas. Muchas le estas proteínas actúan sobre el sistema límbico e interesan a nuestro estado emocional. En la actualidad es posible sintetizar pequeñas proteínas compuestas por una secuencia cualquiera de aminoácidos. Así, es probable que en breve se pueda sintetizar una gran variedad de moléculas capaces de inducir en el hombre múltiples estados emocionales, incluso aquellos que se dan raras veces. Por ejemplo, existen indicios de que la atropina —uno de los principales ingredientes activos de la cicuta, el digital, la belladona y ciertas plantas de agua dulce— produce la sensación de estar volando, y de hecho estas plantas sirvieron en su día a las brujas medievales para preparar ungüentos que luego se aplicaban a la mucosa genital y que lejos de permitirles volar en sus escobas, como decían, se limitaban a sumirlas en alucinaciones inducidas por la atropina. Sin embargo, la vivida alucinación de estar volando es una sensación muy específica causada por una molécula relativamente simple. Tal vez llegue a sintetizarse una gama de pequeñas proteínas que susciten en el individuo estados emocionales nunca experimentados con anterioridad. Es ésta una de las múltiples expectativas a corto plazo en el ámbito de la química cerebral, llena de promesas tanto en lo positivo como en los aspectos negativos. Todo dependerá del buen criterio que demuestren los que dirigen, controlan y aplican esta investigación.

Cuando salgo de la oficina y me siento al volante, me doy cuenta de que a menos que realice un esfuerzo consciente lo más probable es que me encamine en derechura a casa, y a la inversa, cuando salgo de casa y me subo al coche, si no realizo un esfuerzo similar, una parte de mi cerebro ordena los acontecimientos de forma que acabe dirigiéndome a la oficina. Si cambio de residencia o de lugar de trabajo, tras un corto periodo de aprendizaje las nuevas ubicaciones sustituyen a las anteriores, y sea cual

fuere el mecanismo cerebral que regula mis actos, el caso es que se ha adaptado fácilmente a las nuevas coordenadas. Estos hechos equivalen a la autoprogramación de una parte del cerebro que funciona como un computador digital. La comparación cobra aún mayor realce en el momento en que nos damos cuenta de que los epilépticos a los que sobreviene un trastorno psicomotor se comportan exactamente igual, tal vez con la única diferencia de que se saltan unos cuantos semáforos rojos más que yo, pero de modo que al remitir el ataque no conservan un recuerdo consciente de sus actos. Este género de automatismos es un síntoma típico de la epilepsia del lóbulo temporal y, también, un rasgo característico de mi primera media hora de vigilia por las mañanas. A decir verdad no todas las partes del cerebro funcionan como un simple computador digital. Por ejemplo, la parte que realiza la reprogramación es bastante diferente. Sin embargo, existen suficientes similitudes para pensar que es posible arbitrar constructivamente un arreglo eficaz y compatible entre los computadores electrónicos y, por lo menos, algunos componentes cerebrales unidos en una estrecha asociación neurofisiológica.

El neurofisiólogo español José Rodríguez Delgado ha ideado una serie de bucles de realimentación idóneos entre electrodos implantados en cerebros de chimpancés y computadores electrónicos situados a gran distancia. La comunicación entre el cerebro y el computador se logra mediante una conexión por radio. Hoy en día la miniaturización de los computadores electrónicos ha llegado a un punto en que este tipo de bucles de realimentación pueden ser *hardwired* y no se precisa de conexión por radio con una alejada terminal de computador. Por ejemplo, es enteramente posible proyectar un bucle de realimentación autónomo que permita detectar la inminencia de un ataque epiléptico y estimular automáticamente los centros cerebrales correspondientes para prevenir o atemperar el ataque. Todavía no hemos llegado al punto de poder recurrir a este método con plenas garantías, pero todo parece indicar que estamos camino de conseguirlo.

Tal vez algún día sea posible añadir al cerebro una variedad de artilugios protéticos cognoscitivos e intelectuales, calar una especie de gafas a la mente. Ello estaría en la línea de la evolución por

acrecentamiento que ha conocido el proceso de cerebración, y con toda seguridad es más factible que intentar reestructurar el cerebro tal como está conformado actualmente. Es posible que algún día puedan implantarse quirúrgicamente en el cerebro pequeños módulos intercambiables de computador o terminales de radio que nos enseñen a hablar rápida y fluidamente vasco, urdú, amárico, ainú, albano, nu, hopi, kung o el lenguaje de los delfines; que nos dé a conocer los valores numéricos de la función gamma incompleta o de los polinomios de Tchebycheff; que nos muestre la historia natural relativa a las facultades rastreadoras de los animales, que dictamine cuáles son los precedentes legales sobre la propiedad de las islas flotantes, o que facilite, aunque sea temporalmente, la telepatía por ondas radioléctricas entre varios individuos en una forma de asociación simbiótica antes desconocida para nuestra especie.

Sin embargo, la prolongación real de las facultades de nuestro cerebro, en especial de aquellos aspectos genuinamente humanos regulados por el neocórtex, está ya a punto de consumarse. Algunos de ellos son tan antiguos que ni siquiera recordamos que se hayan configurado. La existencia de un entorno cultural estimulante y no represivo para los niños representa un instrumento educativo muy eficiente y prometedor. El lenguaje escrito es un notable invento que en esencia no es otra cosa que un simple mecanismo para la acumulación y recuperación de una muy compleja información. La cantidad de información contenida en una biblioteca de grandes proporciones supera con mucho el volumen de información que contienen el genoma o el cerebro humanos. Desde luego, los datos no están tan eficazmente almacenados como en los órganos biológicos, pero a pesar de todo su condensación se mantiene dentro de unos márgenes útiles, y los avances en el campo del microfilm, las microfichas y otros elementos auxiliares por el estilo han ampliado en gran manera la capacidad de almacenamiento de información por parte del hombre. Si trasladamos al gráfico de la ilustración 1 el número de bits de información contenidos en las bibliotecas, museos y otras instituciones culturales, estos se plasmarían en un punto situado muchas potencias de 10 más allá del margen derecho del gráfico.

Con todo, la escritura es un elemento mecánico *muy* simple. El computador electrónico es mucho más perfecto y ofrece muchísimas y más prometedoras posibilidades de almacenamiento y procesamiento de información extrasomática. Para hacernos una idea del nivel de perfección alcanzado por tales computadores y los programas con que operan, baste decir que en la actualidad juegan inmejorablemente al tres en raya, emulan a los mejores jugadores de damas, son expertos ajedrecistas y conducen una sesión de psicoterapia de manera aceptable. En la actualidad existe un nuevo computador capaz de transcribir al papel pautado una partitura clásica o una melodía cualquiera interpretada en directo. Ni que decir tiene que la capacidad de almacenaje y velocidad de procesamiento de la información mediante computador es realmente portentosa.

Un buen ejemplo del servicio que hoy puede prestar un ordenador programado con fines psicoterapéuticos (téngase presente que hay todavía cantidad de programas mucho más complejos y mejor estructurados), lo constituye un programa de psicoterapia no dirigista elaborado por Joseph Weizenbaum, del Instituto Tecnológico de Massachusetts. Concluida la confección del programa psicoterapéutico el ordenador fue confrontado a un psiquiatra que se relacionaba con aquel mediante el teclado de una consola conectada al computador. Las palabras del psiquiatra aparecen transcritas en letras de caja baja y los del ordenador-terapeuta en caracteres de caja alta. Probablemente la idea era que el diálogo tuviera un carácter heurístico, pero la cosa seguramente se frustró por culpa del… psiquiatra. La conversación entre el psiquiatra-paciente y el computador-terapeuta se inicia del siguiente modo:

doctor, tengo algo terrible que contarle.
DICE USTED QUE TIENE ALGO TERRIBLE QUE CONTARME,
sí, en el M.I.T. *Massachusetts Institute of Technology* hay un computador con un programa que va a terminar con nosotros.
¿POR QUÉ DICE USTED ESO?
porque lo he visto actuar.
DICE USTED QUE LO HA VISTO ACTUAR,
es espantoso; debería verlo.
CREE USTED QUE DEBO VERLO.

tengo la sensación de que está usted deprimido.
QUIZÁS EN SU IMAGINACIÓN LE PAREZCA QUE CADA UNO DE NOSOTROS ENCUENTRA DEPRIMIDO AL OTRO.
sí; puede ser.
COMPRENDO.
también yo.
DICE USTED QUE TAMBIÉN.
a los dos nos afecta por igual lo de ese computador.
BIEN, SIGAMOS HABLANDO DE USTED, ¿LE PARECE?
me reconforta usted.
¿QUÉ LE HACE PENSAR QUE YO LE CONFORTO?
pues que en los tiempos que corren quiera usted hablar conmigo.
¿QUÉ LE HACE PENSAR QUE QUIERO HABLAR CON USTED?
pues el hecho de que comparta usted mi opinión respecto a ese maldito computador.
¿QUÉ CONCLUSIÓN SACA DE ELLO?
que, por supuesto, también usted detesta a los computadores.
PIENSA USTED QUE YO DETESTO TAMBIÉN A LOS COMPUTADORES,
y por qué no si, a fin de cuentas, no son humanos, ¿no le parece?
QUIZÁ SEA ESTE EL MOTIVO POR EL QUE ESTAMOS AQUÍ, PARA AVERIGUARLO.
por ejemplo, ningún computador podría conversar como usted lo hace.
¡OH!
no entiendo como una persona puede dejarse embaucar por una simple máquina
¿DE VERAS?
no, después de todo, un programa de computador no es creativo.
ADOPTA USTED UNA ACTITUD PESIMISTA.
estoy convencido de que tengo razón.
¿LE PREOCUPA A USTED HABERSE DEJADO CONVENCER DE QUE TIENE RAZÓN?
no, en absoluto, de ninguna manera, ni en lo más mínimo.
ESTÁ USTED ADOPTANDO UNA ACTITUD PESIMISTA
dijo usted que estaba de acuerdo conmigo, ¿no es cierto?
ES REALMENTE ESO LO QUE ME OYÓ DECIR
¿por qué no trata de disuadirme? los computadores manejan números y nada más.
QUIERE USTED QUE TRATE DE DISUADIRLE
no puede.
CREE USTED QUE NO PUEDO

por ejemplo, ¿cómo podría un computador en una conversación como ésta plantear un nuevo tema?
AL PARECER HA OLVIDADO POR COMPLETO HABLARME DE SUS PADRES
exactamente lo mismo que usted.
CREE USTED QUE LO MISMO QUE YO.
sí; y eso demuestra la diferencia que hay entre un hombre y un computador.
COMPRENDO.

El computador-psiquiatra carece de erudición, de una formación profesional, de sensibilidad y de la intuición propia del hombre; es un artefacto inerte (¡cómo no!), prácticamente insensible a los matices emocionales y a las formas de expresión no verbales. Pese a ello ha sido capaz de sostener una conversación más inteligente de lo que serían capaces muchos individuos. Su respuesta cuando se le habla de introducir «un nuevo tema» en la conversación es realmente asombrosa, pero muy probablemente se trate de una respuesta casual. Sin duda el programa ha sido proyectado para poner atención a palabras tales como «madre», «padre», etc. Si transcurrido un cierto intervalo en el reloj del computador estas palabras no han sido pronunciadas, el programa está concebido para iniciar la frase con el «parece que ha olvidado usted…». El hecho de que apareciera en un momento oportuno induce en cierto modo a pensar que el computador es capaz de adentrarse y de profundizar en las cuestiones.

Pero, ¿qué otra cosa es el juego de la psicoterapia sino una muy compleja y estudiada serie de respuestas ante múltiples situaciones humanas? ¿Acaso el psiquiatra no está también preprogramado para emitir ciertas respuestas? Es obvio que la psicoterapia no dirigista requiere programas de computador muy sencillos y que darles una apariencia de sutileza exige tan sólo programas un poco más estudiados. Con ello no pretendo en modo alguno desacreditar a la profesión psiquiátrica, sino más bien augurar el advenimiento de la inteligencia mecánica. De todos modos, los computadores todavía no han alcanzado, ni con mucho, el nivel de desarrollo adecuado para proceder al empleo generalizado de la psicoterapia computadorizada. Por otra parte, no me parece utópico pensar que el día de mañana contaremos con terapeutas computadorizados en extremo pacientes,

fácilmente asequibles y, al menos en lo que respecta a ciertas cuestiones, suficientemente preparados para resolverlas. Existen ya algunos programas que gozan de gran estima entre los pacientes porque éstos se han dado cuenta de que el psicoterapeuta mecánico es objetivo y en extremo pródigo con su tiempo.

Actualmente se están construyendo en los Estados Unidos computadores capaces de detectar y diagnosticar sus propios desajustes. Tan pronto se aprecien errores operativos con carácter sistemático, los componentes causantes de los mismos serán automáticamente sustituidos o inutilizados. La congruencia interna se verificará mediante operaciones reiteradas a través de programas normalizados cuyos resultados son previamente conocidos; las reparaciones correrán a cargo principalmente de componentes redundantes. Existen ya algunos programas —por ejemplo, en los computadores que juegan al ajedrez— capaces de aprender de la experiencia y de otros computadores. Conforme pasa el tiempo los ordenadores electrónicos ganan en inteligencia, y cuando los programas sean tan complejos que sus inventores no estén en condiciones de anticipar con rapidez toda la gama de posibles respuestas, las máquinas tendrán la apariencia, si no del discurso racional, sí por lo menos del libre albedrío. El computador del módulo de descenso del *Viking* que alcanzó la superficie de Marte, con una memoria de únicamente 18.000 palabras, revestía ya este nivel de complejidad, es decir, que no siempre sabemos cuál va a ser la respuesta del computador a una instrucción concreta. Si lo supiéramos, entonces sí cabría afirmar que se trata «solamente» o «simplemente» de un computador. Pero en caso contrario, empezamos a preguntarnos si realmente se trata de un artefacto inteligente.

La situación guarda relación con la glosa de una fábula de la que se hicieron eco Plutarco y Plinio y que se ha transmitido con el correr de los siglos. En ella se habla de un perro que husmeando en busca del rastro de su amo llegó a un punto del camino que se bifurcaba en tres ramales. El can se dirigió primero a la senda de la izquierda y olfateó en vano; se detuvo y enfiló luego el camino de en medio, recorriendo un corto trecho, para regresar, siempre husmeando, al punto de partida. Finalmente, sin olfatear siquiera, emprendió veloz y jubilosa carrera por el ramal de la derecha.

Comentando esta fábula, Montaigne arguye que muestra claramente la capacidad del perro para razonar silogísticamente: Mi amo ha tomado por una de estas sendas; no es la de la izquierda ni la del centro; luego debe ser la de la derecha. No necesito corroborar esta conclusión mediante el olfato, sino que la deduzco directamente por la vía de la lógica.

La posibilidad de que los animales pudieran ser capaces de razonar de este modo, aunque quizá de forma no tan coherente, llegó a inquietar a muchos estudiosos. Incluso mucho antes que Montaigne, Santo Tomás de Aquino intentó sin éxito resolver el dilema y cito el ejemplo del perro con tono admonitorio, como demostración de que a veces no hay inteligencia pura, sino solo la apariencia de ella. Santo Tomás de Aquino, sin embargo, no ofreció una alternativa satisfactoria que explicase la conducta del perro. Es obvio que en los pacientes con el cerebro «seccionado» puede darse un análisis lógico realmente profundo acompañado de la incapacidad de expresarse verbalmente.

Al considerar la inteligencia de la máquina nos hallamos en una situación parecida. A la sazón, las máquinas están traspasando un importante umbral, el que les permite, al menos hasta cierto punto, presentarse ante el hombre, objetivamente, como artefactos provistos de inteligencia. Bien sea por una especie de chovinismo humano, bien por un antropocentrismo mal entendido, muchos sujetos no acaban de aceptar esta posibilidad. Pero a mí me parece inevitable. Personalmente no considero en modo alguno degradante que el conocimiento y la inteligencia sean resultado de la «simple» materia suficiente y diversamente ordenada. Por el contrario, entiendo que ello es un tributo a la sutileza de la materia y a las leyes de la naturaleza.

En modo alguno se deduce de ello que en un futuro cercano los computadores vayan a exhibir las mismas dotes creativas, la misma sutileza, sensibilidad y erudición que el hombre. Un ejemplo clásico y probablemente equívoco es el de la traducción mecánica. Se introduce en la unidad de entrada un texto en una lengua determinada y el computador ofrece la transcripción en otro idioma; en chino, pongamos por caso. Se dice que al término de la elaboración de un complejo programa de traducción los responsables, orgullosos de su labor, invitaron a una

delegación en la que figuraba un senador del congreso federal de los Estados Unidos para que presenciara una demostración. Se pidió al senador que enunciase un dicho popular en inglés, y éste, sin pensarlo dos veces, largó la cita de «ojos que no ven, corazón que no siente» (*out of sight, out of mind*). Dócilmente, entre el chasquido de los discos y el parpadeo de las luces del panel de mando, la máquina liberó una hoja en la que aparecían impresos unos pocos caracteres chinos. Pero como el senador no podía leer chino, con objeto de completar la prueba se procedió a invertir el programa introduciendo primero el texto redactado en chino, que apareció tras unos instantes en la unidad de salida traducido al inglés. Los componentes de la delegación se apretujaron de nuevo en torno a la hoja de papel para leer la transcripción, que en un principio les sumió en la perplejidad. En efecto, el texto decía escuetamente: «invisible, idiota[30]».

Los programas de que disponemos en la actualidad son tan sólo relativamente competentes, incluso en cuestiones que, como el ejemplo aducido, no demandan demasiada sutileza. Sería un desatino dejar que los computadores, en su presente estadio tecnológico, tomaran las decisiones importantes, y no porque no pueda reconocérseles cierto grado de inteligencia, sino porque siendo a veces los problemas muy complejos, no se les facilita toda la información pertinente. Ejemplo ilustrativo del abuso flagrante que se ha hecho de los computadores lo tenemos en el papel que se les asignó tanto en la conducción de la política como de las operaciones militares durante la guerra de Vietnam. Pero en contextos razonablemente restringidos, el uso de la inteligencia artificial por parte del hombre parece erigirse en uno de los dos principales y viables progresos que en materia de inteligencia humana conoceremos en un futuro cercano. (El otro es un mayor enriquecimiento del medio cultural en que se mueve el niño antes y durante la etapa de formación escolar).

Aquellos no familiarizados desde niños con los computadores suelen sentir cierto recelo hacia ellos. El archidivulgado caso del computador maníaco encargado de la facturación, que no aceptaba el «sí» ni el «no» como respuesta y que sólo se daba por satisfecho cuando recibía un cheque por valor de cero dólares y cero centavos, no puede convertirse en símbolo representativo de toda la gama de ordenadores. Para empezar se trata de un

computador poco «dotado» y sus errores son, en realidad, los errores de los hombres que lo programaron. El uso creciente que se observa en Norteamérica de los circuitos integrados y de los computadores de pequeño tamaño para incrementar la seguridad de los vuelos aeronáuticos, en la enseñanza programada, en los marcapasos para enfermos cardíacos, en los juegos electrónicos, las alarmas contra incendios estimuladas por el humo y las fábricas totalmente automatizadas, para referirnos tan sólo a unas cuantas de sus aplicaciones, ha contribuido en gran manera a paliar la aprensión que hasta el momento rodeaba a tan moderna innovación. En la actualidad hay en el mundo unos doscientos mil computadores digitales, y dentro de una década habrá muy probablemente decenas de millones. Estoy convencido de que en el lapso de una generación se hablará de los computadores con absoluta naturalidad o, por lo menos, como de un aspecto común de nuestra vida cotidiana.

Tómese en cuenta, por ejemplo, la aparición de los llamados computadores de bolsillo. En mi laboratorio tengo un computador del tamaño de una mesa escritorio que compré con los fondos de una beca de ayuda a la investigación concedida a finales de los sesenta y que salió por un precio de 4.900 dólares. Tengo, también, otro producto del mismo fabricante; se trata de un computador que cabe en la palma de la mano y que compré en 1975. Realiza todas las funciones del anterior; cabe destacar en él la posibilidad de programar los datos y sus diversas memorias dirigibles. La diferencia estriba en que este último sólo cuesta 145 dólares, y los precios van disminuyendo a un ritmo que le deja a uno pasmado. El hecho representa un avance espectacular en materia de miniaturización y reducción de costos, y todo ello en un período de seis o siete años solamente. A decir verdad, actualmente el tamaño de los computadores no conoce más límites que los derivados de tener que adaptarse a la torpe pulsación de los dedos del hombre. De no ser por esa circunstancia podrían fabricarse computadores del tamaño de la uña de un dedo. El ENIAC, el primer computador digital de gran tamaño, construido en 1946, comprendía 18.000 tubos de vacío y llenaba toda una estancia. Hoy, empero, un microcomputador constituido por una laminilla de sílice del tamaño de la

falange más pequeña del dedo meñique posee la misma capacidad funcional.

Los circuitos de dichos computadores transmiten la información a la velocidad de la luz. En el hombre, la transmisión neuronal es un millón de veces más lenta. El hecho de que en las operaciones no aritméticas el cerebro humano, más pequeño y menos rápido, opere con mayor eficacia que los grandes y rapidísimos computadores electrónicos constituye un formidable tributo a la sutileza con que ha sido circuitado y programado nuestro cerebro, dos rasgos que, evidentemente, hay que atribuir el proceso de selección natural. Los especímenes que poseían cerebros deficientemente programados no vivieron lo suficiente para poder reproducirse.

Las representaciones gráficas obtenidas mediante computador han alcanzado hoy en día un grado tal de perfección que se abre ante nosotros toda una nueva e importante perspectiva de aprendizajes en el campo de las artes y de las ciencias, así como en lo tocante a los dos hemisferios cerebrales. Mucha gente, por lo demás bien dotada para realizar funciones analíticas, posee una muy pobre percepción e imaginación de las relaciones espaciales, sobre todo en el ámbito de la geometría tridimensional. Pues bien, hoy disponemos de programas para ordenador que pueden componer de forma gradual complejas formas geométricas ante nuestros ojos y hacerlas rotar sobre una pantalla de televisión conectada al computador.

En el caso concreto de la Universidad de Cornell, ha sido Donald Greenberg, de la Facultad de Arquitectura, quien ha proyectado uno de estos sistemas. El programa que ha elaborado permite trazar una serie de líneas equidistantes que el computador traduce en gradientes de nivel. Luego, pulsando una de las múltiples instrucciones posibles señalizadas en la pantalla, ordenamos la composición de complicadas figuras tridimensionales que podemos agrandar o empequeñecer, prolongar en una dirección dada, girar, aproximar a otros objetos o borrar en alguna de sus partes (véanse las figuras de la ilustración 44). Es éste un instrumento de extrema eficacia para incrementar la visualización de las formas tridimensionales, factor de suma utilidad en las artes gráficas, la ciencia y la

técnica. También constituye un excelente ejemplo de cooperación entre los dos hemisferios cerebrales. En efecto, el computador, que es una construcción suprema del hemisferio izquierdo, nos enseña cómo proceder al reconocimiento de configuraciones, función característica del hemisferio derecho.

Otros programas de computador presentan proyecciones bidimensionales (planas) y tridimensionales (en perspectiva) de objetos cuatridimensionales. Conforme éstos van girando o a medida que cambia la perspectiva desde la que visualizamos el objeto, no sólo lo contemplamos desde otros ángulos, sino que tenemos la sensación de estar asistiendo a la síntesis y destrucción de subunidades geométricas en su integridad. El efecto que ello produce es misterioso e instructivo a la vez, y ayuda a desentrañar algunos de los misterios de la geometría cuatridimensional. Pienso que nuestro aturdimiento es inferior al que experimentaría una supuesta criatura plana al toparse con una típica proyección (dos cuadrados unidos por uno de sus ángulos) de un cubo tridimensional sobre una superficie plana. Las dificultades con que el artista viene tropezando desde siempre para plasmar el sentido de la perspectiva —es decir, la proyección de objetos tridimensionales sobre la superficie plana del lienzo— se clarifican enormemente con los diagramas trazados por el computador. Es obvio que constituye, también, un instrumento de la mayor importancia para resolver los problemas eminentemente prácticos que plantea la representación gráfica tridimensional de los planos de edificios —que el arquitecto proyecta en dos dimensiones— desde los ángulos y perspectivas más ventajosos.

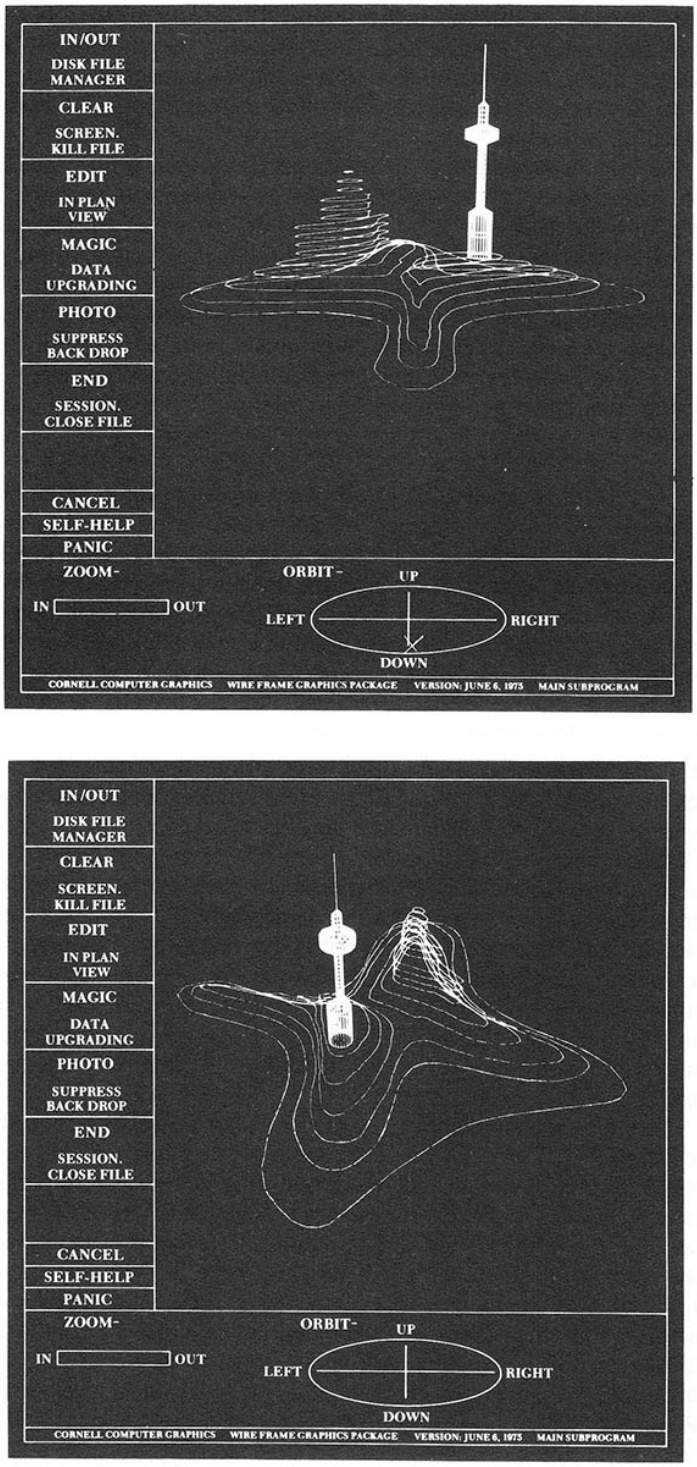


Ilustración 44. Ejemplo de una sencilla representación gráfica computadorizada. Las figuras son resultado exclusivo del trazado a pulso de curvas equidistantes sobre una pantalla de televisión. El computador convierte estos trazos en imágenes tridimensionales alzadas desde cualquier ángulo, directamente de la composición abstracta en la figura de la izquierda, formando ángulo en la imagen de la derecha. La torre ha sido «entretejida» automáticamente; en el diagrama de abajo se desplaza hacia el lector. El observador, además de poder girar la imagen a su antojo y de acercarla o alejarla a placer, puede requerir el trazado de imágenes dinámicas ortogonales, en perspectiva o estereoscópicas. (Programa WIRE ideado por Marc Levoy, Laboratorio de Diagramación Computadorizada de la Universidad de Cornell).

La diagramación computadorizada comienza a extenderse al terreno recreativo. Existe ya un juego muy popular que simula, en el marco de una pantalla de televisión, el bote de una pelota perfectamente elástica entre dos superficies o demarcaciones. Cada jugador dispone de un mando que le permite interceptar la pelota con una «raqueta» móvil. Si aquél no intercepta la pelota suma un cierto número de puntos negativos. Se trata de un juego muy interesante y su práctica entraña el aprendizaje de la segunda ley de Newton sobre el movimiento lineal. Jugando al «tenis», el sujeto obtiene un profundo conocimiento intuitivo de la más simple física newtoniana, un conocimiento superior incluso al que proporciona el clásico ejemplo de la carambola de billar, puesto que en ella los choques distan mucho de tener una elasticidad perfecta y el efecto que se imprime a la bola implica otras nociones físicas más complicadas.

Esta especie de acumulación de información es precisamente lo que llamamos juego, con lo que se nos revela la importante función que éste desempeña: la obtención, ajena a toda consideración de índole práctica, de una visión global del mundo que es a la vez complemento y preparación para ulteriores actividades de orden analítico. Los computadores permiten el juego y el recreo en medios que, de otra manera serían completamente inaccesibles a la mayoría de estudiantes.

Un ejemplo todavía más interesante lo constituye el juego llamado «guerra en el espacio», cuyas excelencias y modalidades tan bien ha narrado Stuart Brand en los periódicos. En él, cada bando controla uno o más «vehículos espaciales» que se disparan misiles recíprocamente. Tanto los movimientos de las naves como de los proyectiles se rigen por determinadas normas, como, por ejemplo, un campo gravitatorio generado por un «planeta» cercano proporcional al inverso del cuadrado de la distancia al mismo. Para destruir el vehículo espacial del contrario es preciso demostrar un conocimiento de la gravitación newtoniana al mismo tiempo intuitivo y concreto. Aquellos de nosotros que no tenemos oportunidad de participar en vuelos interplanetarios encontramos dificultades para que el hemisferio derecho asimile la idea de gravitación newtoniana. El juego en cuestión puede suplir esta deficiencia.

Ambos pasatiempos, el «tenis» y la «guerra en el espacio», sugieren una elaboración gradual de diagramas computadorizados, con lo que se obtiene un conocimiento experimental e intuitivo de las leyes de la física. Estas se formulan casi siempre en términos analíticos y algebraicos, es decir, con intervención del hemisferio izquierdo. Por ejemplo, la segunda ley de Newton se escribiría $F = M\,a$, y la ley de gravitación $F = G\,M\,m/r^2$. Estas representaciones analíticas son de extrema utilidad y es realmente notable que el universo esté concebido de tal forma que el movimiento de los objetos pueda definirse mediante leyes relativamente sencillas. Sin embargo, estas leyes no son más que abstracciones de la experiencia. En esencia, no pasan de ser simples ardides nemotécnicos para recordar con facilidad un gran número de casos que sería muy difícil retener uno por uno, por lo menos tal como el hemisferio izquierdo concibe la memoria. Los diagramas de computador proporcionan al físico o al biólogo un amplio campo de experiencias respecto de los casos recapitulados por las leyes de la naturaleza, pero tal vez su función más importante sea la de permitir el profano captar de manera intuitiva, aunque no por ello menos profunda, el contenido de las mismas.

Existen muchos programas interactivos de computador que no tienen carácter diagramático y que constituyen una excelente instrumento de aprendizaje. Estos programas pueden ser elaborados por un profesorado competente y, cosa sorprendente, el estudiante mantiene con el «profesor» una relación mucho más individualizada, mucho más personal, que en el marco convencional de una clase. Por otra parte, puede estudiar al ritmo que le convenga sin sentirse incómodo por ello. El Darmouth College emplea en numerosos cursos la enseñanza programada. Así, un estudiante asimila mejor las estadísticas de la genética mendeliana con una hora de computador que en todo un año de laboratorio realizando cruces con las moscas de las frutas, y una universitaria puede, por ejemplo, investigar qué probabilidades tiene de quedar preñada según los métodos de control que utilice. (El programa conlleva una posibilidad sobre diez mil millones de que la mujer quede embarazada si permanece estrictamente célibe, con lo cual incluso toma en cuenta las contingencias que rebasan el nivel actual de los conocimientos médicos).

En el recinto universitario de Darmouth, la terminal del computador es un instrumento didáctico más entre muchos. Un elevado porcentaje de alumnos aprenden no sólo a utilizar estos programas sino también a elaborar los que mejor se adapten a sus conveniencias. Los estudiantes ven el trabajo con el computador como un esparcimiento y no como una obligación impuesta, y son muchos los colegios universitarios y las universidades en trance de imitar, e incluso ampliar, la práctica seguida en Darmouth. El hecho de que este colegio universitario marche en cabeza de la iniciativa se debe a la circunstancia de que su presidente, John G. Kemeny, es un destacado especialista en informática, inventor de un sencillísimo lenguaje para computadores denominado BASIC.

El Lawrence Hall of Science es una especie de museo dependiente de la Universidad de Berkeley, California. En el sótano del edificio hay una estancia bastante modesta con alrededor de una docena de terminales de computador, cada una de las cuales está acoplada a un minicomputador de uso compartido situado en otro lugar del edificio. La utilización de estas terminales se alquila por una módica cuota y pueden obtenerse con sólo una hora de anticipación. La clientela está integrada básicamente por adolescentes, algunos de los cuales tienen menos de diez años. Uno de los sencillísimos programas interactivos que el alumno puede utilizar es el juego conocido como «Hangman» (juego del ahorcado). Para ello basta componer en un muy sencillo teclado el código «XEQ-$HANG». El computador transcribe:

(VERDUGO)
¿QUIERES SABER LAS REGLAS?

Si el jugador mecanografía «sí», la máquina prosigue:

ADIVINA UNA LETRA DE LA PALABRA QUE ESTOY PENSANDO. SI ACIERTAS TE LO INDICARÉ, PERO SI FALLAS (JA. JA) ¡ESTARÁS MÁS CERCA (JI, JI) DE MORIR COLGADO!
LA PALABRA CONSTA DE OCHO LETRAS
¿Y ES?…

Supongamos que el jugador compone la respuesta: «E». El computador imprime:

-------E

Si el jugador falla en la respuesta, el computador imprime un llamativo grafismo (dentro de las limitaciones que impone la gama de signos disponibles) que representa una cabeza humana. En adelante el juego se convierte en una carrera entre la palabra, que se va completando progresivamente, y la figura cada vez más perfilada de un hombre en trance de ser ahorcado.

En las dos partidas de «Hangman» que recientemente tuve ocasión de presenciar las respuestas correctas eran «VARIABLE» y «THOUGHT». Si el jugador gana la partida, el programa, fiel a su papel de villano de mentirijillas, imprime en la hoja de respuesta una serie de caracteres no alfabéticos como los que suelen aparecer en las historietas cómicas para indicar una maldición o juramento y, acto seguido, teclea:

CANALLAS, ME HABÉIS VENCIDO
¿DESEAS OTRA OPORTUNIDAD PARA MORIR?

Algunos programas están redactados en un tono menos familiar, como, por ejemplo, el «XEQ-$KING», que empieza con esta perorata:

ESTAMOS EN EL ANTIGUO REINO DE SUMERIA Y TU ERES SU VENERABLE GOBERNANTE. LA SUERTE DE LA ECONOMÍA DE SUMERIA Y DE SUS LEALES SÚBDITOS ESTÁ ENTERAMENTE EN TUS MANOS. TODOS LOS AÑOS TU GRAN MINISTRO, HAMMURABI, TE INFORMARÁ SOBRE EL MOVIMIENTO DE POBLACIÓN Y LA ECONOMÍA SI UTILIZAS LOS DATOS QUE TE SUMINISTRA PODRÁS DISTRIBUIR CON SABIDURÍA LOS RECURSOS QUE PRECISA TU REINO. ALGUIEN HA ENTRADO EN LA CÁMARA DEL CONSEJO…

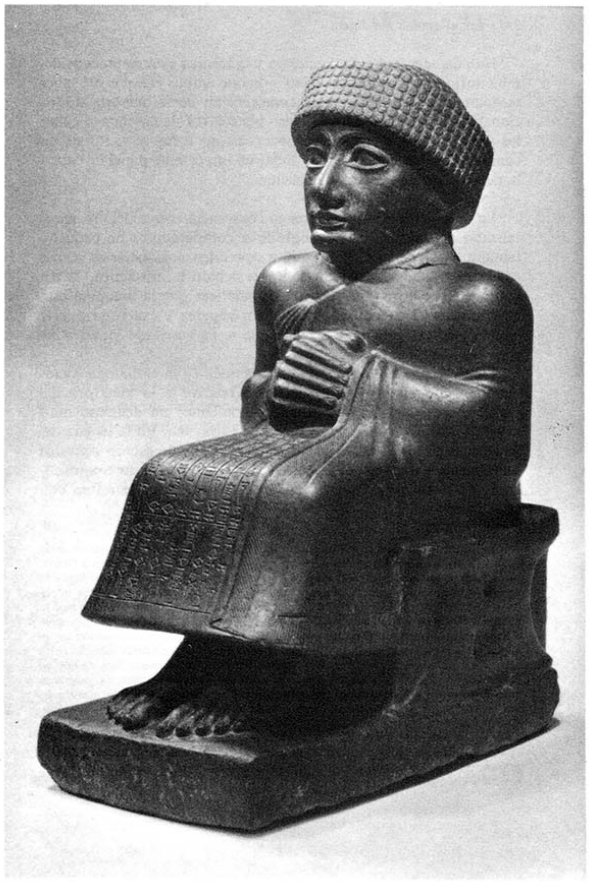


Ilustración 45. Estatua de Gudea, gobernador neosumerio de Lagash (alrededor del 2150 a. de J. C.). Por esta época (tercera dinastía Ur), la escritura cuneiforme, que cubre la túnica de Gudea, se hallaba muy extendida. Durante este período se expandió el comercio marítimo, hubo gran actividad mercantil y se redactó el primer código legal escrito del que se tiene noticia, todo ello en íntima relación con la difusión de la cultura escrita.

Acto seguido, Hammurabi suministra al jugador estadísticas pertinentes sobre el número de hectáreas de terrenos comunales, fanegas por hectárea recolectadas el pasado año, número de las que se perdieron por causa de las ratas, cantidad de cereal almacenado, censo actual de la población, habitantes que murieron de inanición el último año y cifras sobre la emigración del campo a la ciudad. Muy amablemente le facilita a uno datos sobre la tasa de intercambio de tierras por alimentos y se interesa por el número de hectáreas de terreno que el jugador desea adquirir. Si la cifra resulta excesiva, el programa advierte:

HAMMURABI: TE RUEGO REFLEXIONES. SOLAMENTE TIENES ALMACENADAS SESENTA FANEGAS.

Hammurabi se acredita como un gran visir sumamente cortés y paciente. A medida que el computador aumenta la cuenta de los años, el jugador termina por convencerse de que realmente es muy difícil, por lo menos en determinadas economías de mercado, incrementar la población y el número de propietarios agrícolas de un Estado y eliminar a la vez la pobreza y la indigencia.

Entre los muchos programas existentes hay uno, el llamado «Grand Prix Racing», que da opción al jugador a elegir entre una serie de marcas de automóviles, desde el primer modelo de la Ford hasta un Ferrari modelo 1973. Si en determinados tramos del circuito el jugador no alcanza un mínimo de velocidad o de aceleración, pierde la partida, y si peca por exceso, se estrella. Teniendo en cuenta que es preciso dar explícitamente la distancia, velocidad y aceleración, es imposible participar en el juego si no se poseen ciertas nociones de física. La elaboración de nuevas vías para el aprendizaje mediante computadores interactivos no conoce otros límites que el grado de inventiva de los programadores, y en este terreno es muy difícil avanzar conclusiones.

Habida cuenta de que la ciencia y la técnica ejercen un considerable influjo en nuestra sociedad y de que ambos campos del saber escapan, o poco menos, a la comprensión de la mayoría de ciudadanos, el hecho de que tanto los centros de enseñanza como los hogares tengan un acceso poco costoso a los servicios de un computador desempeñará, sin duda, un importante papel de cara a la pervivencia de nuestra civilización.

La única objeción de que tengo constancia acerca del uso generalizado de calculadoras de bolsillo y computadores de pequeño tamaño es la de que, si los niños aprenden a manejarlos a una edad temprana, no asimilan como es debido la aritmética, la trigonometría y otras operaciones matemáticas que la máquina está en condiciones de realizar con mayor rapidez y exactitud que el alumno. Es ésta una controversia que se ha suscitado ya en otras épocas.

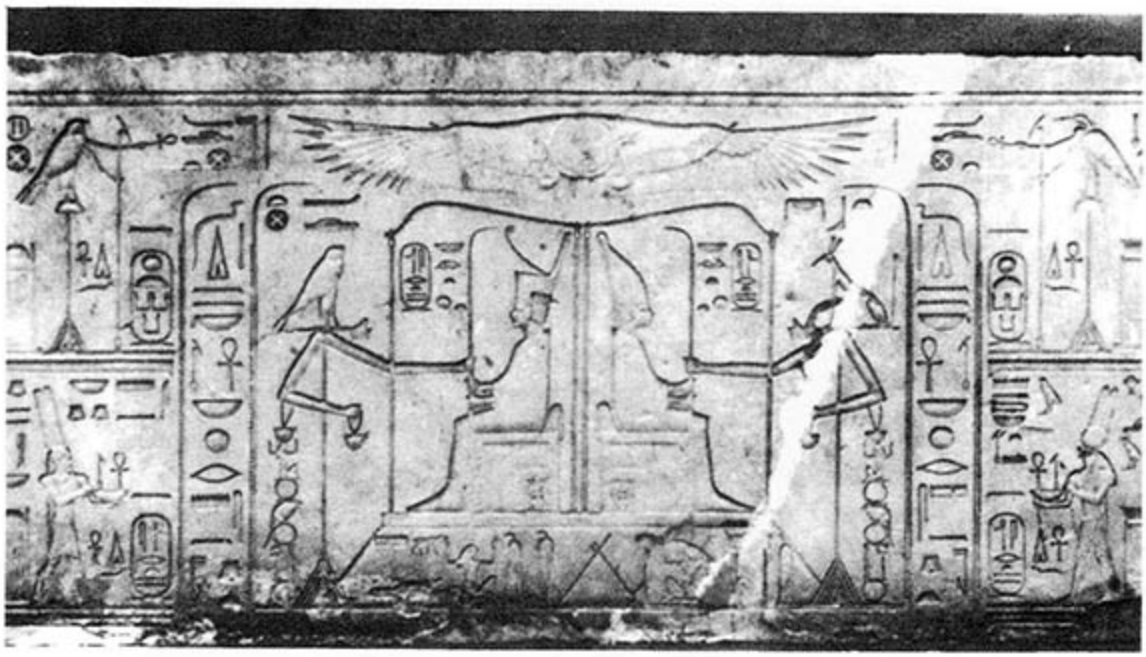


Ilustración 46. Una muestra de los primitivos jeroglíficos egipcios. (Lápida funeraria de la tumba de Sesostris I, en Karnak).

En el *Fedro* de Platón —y, concretamente, en el diálogo socrático que cito en otra parte del libro relativo a la metáfora del carro, el auriga y los dos caballos— hallamos un delicioso mito sobre el dios Toth, paralelo egipcio de Prometeo. En la lengua del Antiguo Egipto, la frase que designa el lenguaje escrito significa literalmente «la lengua de los dioses». En él, Toth discute su invención[31] de la escritura con Amón, el dios-rey, quien le refuta con estas palabras:

> Tu hallazgo fomentará la desidia en el ánimo de los que estudian, porque no usarán de su memoria, sino que se confiarán por entero a la apariencia externa de los caracteres escritos y se olvidarán de sí mismos. Lo que tú has descubierto no es una ayuda para la memoria, sino para la rememorización, y lo que das a tus discípulos no es la verdad, sino un reflejo de ella. Serán oyentes de muchas cosas y no habrán aprendido nada; parecerán omniscientes, y por lo común ignorarán todo; será la suya una compañía tediosa porque revestirán la apariencia de hombres sabios sin serlo realmente.

No me cabe duda de que hay una parte de verdad en la queja de Amón. En nuestro mundo moderno, los iletrados siguen derroteros distintos, poseen otro sentido de la autoconfianza y una visión no menos dispar de la realidad. Sin embargo, antes de la invención de la escritura, el saber humano se reducía a lo que una persona o un reducido grupo de individuos acertaba a recordar. A veces se lograba preservar un sustancial acopio de información, como en los Vedas y en los dos grandes poemas épicos de Homero. Pero, por lo que sabemos, Homeros hubo muy pocos. Después de la invención de la escritura se hizo posible reunir, integrar y utilizar la sabiduría acumulada de todas las épocas y de todos los pueblos; el hombre dejó de estar circunscrito a lo que ellos o sus compañeros más allegados eran capaces de recordar. La cultura escrita nos permite entablar contacto con los intelectos más poderosos e influyentes surgidos a lo largo de la historia. Así, Sócrates o Newton han tenido una audiencia de lectores muchísimo más vasta que el total de personas que llegaron a conocer en vida. La transmisión reiterada de la tradición oral en el marco de múltiples generaciones acaba por engendrar fatalmente errores de transmisión y la pérdida gradual del contenido original del mensaje, degradación mucho más lenta cuando se trata de reeditar un texto escrito.

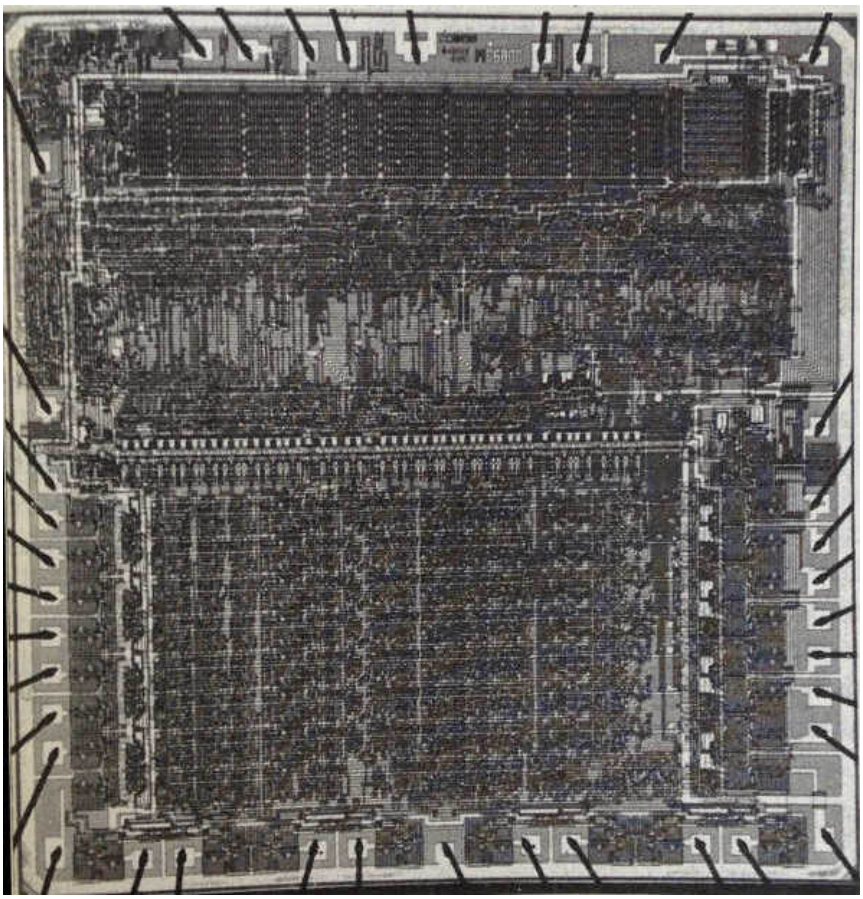


Ilustración 47. Unidad microprocesadora de un microcomputador cuyos lados miden alrededor de medio centímetro. Se trata de un circuito integrado impreso en una sola laminilla de cristal de silicona que contiene aproximadamente 5.400 transistores.

Los libros se pueden guardar fácilmente; podemos leerlos a nuestro antojo sin importunar a los que nos rodean, y releer las partes más densas o que nos procuran mayor deleite. A más abundamiento, el libro se produce masivamente y a precios relativamente asequibles. En cuanto a la lectura en sí, constituye una asombrosa actividad: el sujeto fija la mirada en un objeto plano, no muy grueso, hecho de pulpa de madera, como el lector en este momento, y la voz del autor empieza a resonar en su mente. (¡¿Qué tal, amigo?!). El incremento del saber humano, así como su capacidad de supervivencia tras la invención de la escritura, han sido inmensos. (También ha aumentado la confianza en uno mismo, pues ahora es posible aprender cuando menos los rudimentos de un arte o de una ciencia recurriendo a un libro, sin depender para ello del afortunado accidente de tener a mano un maestro artesano o un especialista que pueda iniciarnos en una actividad concreta).

Cuando ya no queda nada por decir ni por hacer, la invención de la escritura debe conceptuarse no sólo como una brillante innovación sino como una formidable aportación en favor de la humanidad. Por otra parte, suponiendo que vivamos lo suficiente como para usar las invenciones de los hombres con sabiduría, creo que se dirá otro tanto de los modernos Toths y Prometeos que hoy proyectan computadores y elaboran programas hurgando en los límites de la inteligencia mecánica. Es probable que el próximo hito estructural del intelecto humano sea la cooperación entre el hombre, ser discursivo, y las máquinas, artefactos pensantes.

9

NUESTRO DESTINO ES EL CONOCIMIENTO: INTELIGENCIA TERRESTRE Y EXTRATERRESTRE

«Las horas discurren silenciosa y furtivamente…»

W. SHAKESPEARE, *Ricardo III*

«El dilema fundamental de la humanidad, el problema que subyace a todos los demás y que destaca por encima de ellos, es precisar qué puesto corresponde al hombre en la naturaleza y cuál es su relación con el cosmos. El origen de nuestra especie, los límites que condicionan nuestro influjo sobre la naturaleza y el de ésta sobre nosotros, el objetivo que pugnamos por alcanzar, son problemas que se presentan una y otra vez, con indeclinable vigor, a todos los seres vivos de la Tierra».

T. H. HUXLEY, 1863.

He aquí que a punto de culminar esta obra volvemos a uno de los temas con que inicié mi exposición: la búsqueda en pos de seres extraterrestres dotados de inteligencia. Se afirma en ocasiones que en el futuro la comunicación interestelar será predominantemente de orden telepático, afirmación que, en el mejor de los casos, me parece una idea festiva. Por el momento no existe ni el más leve indicio que respalde este aserto y, por otra parte, todavía no sé de un solo experimento de transmisión telepática en *este* planeta que sea medianamente convincente. Por lo demás, todavía no estamos en condiciones de llevar a cabo vuelos espaciales interestelares dignos de este nombre, lo cual no excluye que otras civilizaciones más avanzadas sí sean capaces de ello. A pesar de toda la cháchara sobre objetos volantes no identificados y astronautas de remotos tiempos, no existen pruebas concluyentes de que hayamos recibido, o vayamos a recibir, la visita de seres extraterrestres.

Así pues, quedan excluidos de la discusión los artefactos espaciales. La hipotética comunicación con los seres extraterrestres utilizaría, quizás, el espectro electromagnético, y, muy probablemente, la banda que corresponde a las ondas radioléctricas; o puede que empleara las ondas gravitatorias, los neutrinos, que no son, plausiblemente, sino taquiones (en el supuesto de que existan), o algún nuevo aspecto de la física que no será descubierto hasta que hayan transcurrido otros tres siglos. Pero, sea cual fuere el conducto utilizado para esta comunicación, será preciso disponer de instrumentos y aparatos de detección adecuados, y si hemos de basarnos en la experiencia que nos proporciona la radioastronomía, podemos añadir que serán aparatos regulados por ordenador y con una capacidad analítica muy próxima a lo que llamamos inteligencia. No basta con la mera inspección

ocular de los archivos para expurgar entre un montón de datos acumulados a lo largo de muchos días en 1.008 frecuencias distintas y donde la masa informativa puede variar en muy pocos segundos, e incluso fracciones de segundo, sino que se requieren técnicas de auto-correlación y computadores electrónicos de gran tamaño. Por otra parte, esta situación, que rige también para las observaciones que Frank Drake, de la Universidad de Cornell, y yo mismo hemos llevado a cabo recientemente en el observatorio de Arecibo, va a ganar en complejidad —lo que equivale a decir que dependerá en mayor medida de los computadores— cuando entren en funcionamiento los aparatos de escucha que probablemente emplearemos en un futuro próximo. Estamos en condiciones de proyectar programas receptores y transmisores de fabulosa complejidad, y con un poco de suerte emplearemos sutilísimos e ingeniosos ardides; pero ello no impedirá que tengamos que recurrir a las fabulosas dotes de la inteligencia mecánica para proseguir la búsqueda de hipotéticos seres extraterrestres.

El número de avanzadas civilizaciones que hoy puedan existir en la galaxia de la Vía Láctea dependerá de múltiples factores, que van desde el número de planetas que tenga cada estrella hasta la probabilidad de que exista vida en cada uno de ellos. Pero una vez ha surgido la vida en un medio relativamente favorable y han transcurrido miles de millones de años del proceso evolutivo, somos muchos los que creemos en la posibilidad de que en este medio hayan aparecido seres inteligentes. Sin duda, la senda evolutiva sería distinta de la que ha conocido la Tierra. Es muy probable que la secuencia de eventos acaecidos en nuestro planeta —entre ellos la extinción de los dinosaurios y la recesión forestal ocurrida durante el plioceno y el pleistoceno— difiera de la que ha presidido la evolución de la vida en las restantes regiones del universo. Creemos, sin embargo, que han de existir pautas funcionalmente equivalentes que a la postre conduzcan a un resultado parejo. Toda la crónica evolutiva de la Tierra, particularmente la plasmada en la cara interna de los cráneos fósiles, pone de manifiesto esta tendencia progresiva a la formación de organismos inteligentes. Nada misterioso hay en ello, puesto que, por regla general, los seres más inteligentes subsisten en mejores condiciones y dejan más descendencia que los organismos menos dotados. Los detalles dependerán, por supuesto, de

las circunstancias, como, por ejemplo, de si el hombre ha exterminado a otros primates en posesión de un lenguaje o de si nuestros antepasados ignoraron a los simios con facultades de comunicación sólo un poco inferiores a las suyas. Pero la tendencia general parece bastante obvia y debería regir también la evolución de la vida inteligente en otras regiones del universo. Una vez los seres inteligentes han alcanzado un determinado estadio tecnológico y la capacidad de autodestrucción de la especie, los beneficios de la inteligencia en el orden selectivo resultan ya mucho más inciertos.

¿Y qué decir en el supuesto de que recibiésemos un mensaje? ¿Existe algún motivo para pensar que los seres que lo transmiten —evolucionados a lo largo de miles y millones de años de tiempo geológico en un medio completamente distinto del nuestro— se asemejarían lo suficiente a nosotros como para que pudiésemos entenderlo? Creo que la respuesta debe ser afirmativa. Una civilización que transmite mensajes por radio debe tener forzosamente nociones sobre frecuencias, constantes de tiempo y amplitudes de banda, elementos comunes todos ellos a las civilizaciones que transmiten y reciben comunicaciones. En cierto modo, la situación es comparable a la comunicación entre los radioaficionados, cuyas conversaciones, salvo ocasionales emergencias, se centran casi de forma exclusiva en la mecánica de sus aparatos, porque saben que es el único aspecto de sus vidas que comparten inequívocamente.

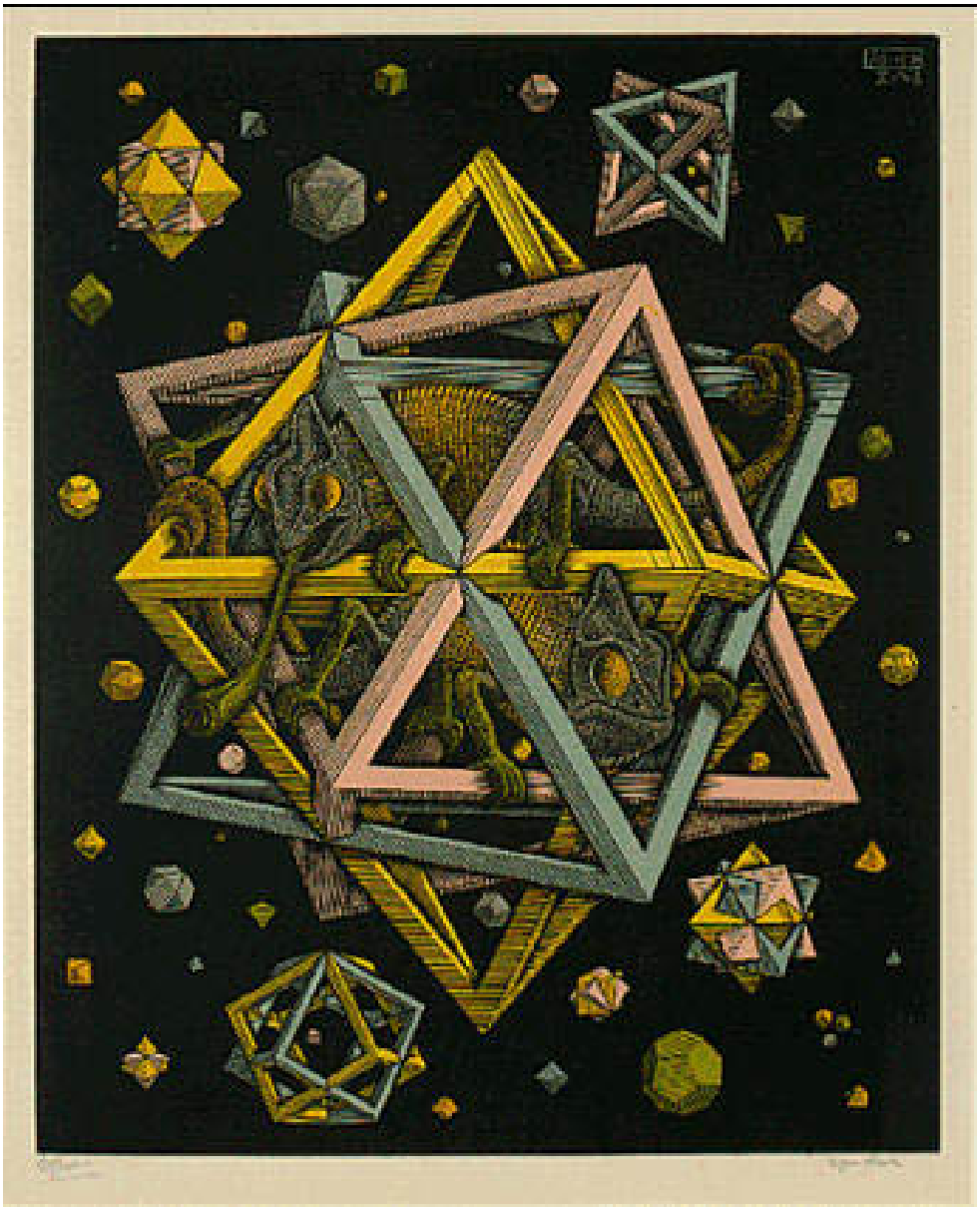


Ilustración 48. «Estrellas» por M. C. Escher.

Pero yo pienso que la situación da pie a mostrarse mucho más esperanzado que todo esto. Sabemos que las leyes de la naturaleza —o por lo menos algunas de ellas— rigen en el universo todo. La espectroscopia nos indica que en otros planetas, estrellas y galaxias existen los mismos elementos químicos, las mismas moléculas comunes; y el hecho de que los espectros sean iguales demuestra que en otras regiones del universo se dan los mismos mecanismos para inducir a átomos y moléculas a absorber y emitir radiaciones. Asimismo, podemos observar cómo distantes galaxias se desplazan lentamente en torno a otras conforme a las mismas leyes

gravitatorias que rigen la órbita de un pequeño satélite artificial girando alrededor de nuestro tenuemente azulado planeta. Se ha comprobado, también, que la gravedad, la mecánica de los cuantos y el núcleo principal de la física y de la química son los mismos por doquier.

Es probable que los supuestos organismos dotados de inteligencia que habitan en otros planetas no tengan la misma estructura bioquímica que nosotros. Lo más seguro es que presenten un muy diferente cuadro de adaptaciones —desde las enzimas hasta los órganos corporales— que les permita afrontar las condiciones específicas de los distintos mundos. Aún así, se ven confrontados con las mismas leyes de la naturaleza. Las leyes que rigen la caída de los cuerpos nos parecen muy sencillas. La velocidad de caída de un objeto sometido a una aceleración constante —producto de la fuerza de atracción gravitatoria— es proporcional al tiempo, y el espacio recorrido es proporcional al cuadrado del tiempo. Se trata de relaciones muy elementales que, por lo menos desde los tiempos de Galileo, vienen gozando de una aceptación general. Con todo, es concebible un universo en el que las leyes de la naturaleza revistan mucha más complejidad. El hecho es, empero, que no habitamos en un universo de este tipo. ¿Por qué no? Pues tal vez porque todos los organismos que hallaban demasiado complejo su universo han terminado por extinguirse. Aquellos de nuestros antepasados arborícolas que tenían dificultades para calcular sus trayectorias mientras avanzaban de rama en rama no dejaron numerosa descendencia. La selección natural ha operado como una especie de cedazo intelectual dando paso a cerebros y a intelectos cada vez mejor dotados para afrontar las leyes de la naturaleza. Esta resonancia entre la mente y el universo, producto de la selección natural, puede ayudamos a resolver el abstruso dilema planteado por Einstein cuando afirmó que «la propiedad más incomprensible del universo es, precisamente, que sea tan comprensible».

Si ello es así, parece plausible que en otros mundos se haya producido la misma criba que culminó con la aparición de seres inteligentes. Quizá los organismos extraterrestres que carezcan de antepasados en el reino de las aves o de los animales arborícolas no tengan como nosotros la pasión de surcar el espacio. Sin embargo, todas las atmósferas planetarias son

relativamente transparentes en las partes visibles y electromagnéticas del espectro, y ello en razón del comportamiento cuántico de los átomos y moléculas que más abundan en el cosmos. En consecuencia, los organismos que pueblan otras regiones del espacio deberían ser sensibles a la radiación óptica y/o a las ondas radioléctricas. Por lo demás, y tras los avances de la física, la idea de la radiación electromagnética como medio de comunicación interestelar debería ser un hecho corriente a escala cósmica, una noción convergente surgida de manera independiente en incontables mundos de la galaxia después de que cada uno de ellos hubiese cimentado las bases de la astronomía, lo que podríamos llamar «las verdades de la vida». Creo que si tenemos la fortuna de entablar contacto con uno de esos otros seres podremos comprobar cómo su biología, psicología, sociología y concepción política nos resultan extravagantes y misteriosos en grado extremo. Por el contrario, tengo la impresión de que no habría dificultad para una mutua comprensión de los aspectos más simples de la astronomía, la física, la química y, quizás, de la matemática.

Ciertamente, no confío en que los cerebros de estos hipotéticos seres sean anatómica, fisiológica ni siquiera químicamente iguales a los nuestros. Los cerebros de estos supuestos seres habrían conocido un proceso evolutivo en medios totalmente distintos. No hay más que ver las grandes diferencias orgánicas entre las distintas especies animales que pueblan la Tierra para darse cuenta de las variaciones que admite la fisiología del cerebro. Hay, por ejemplo, un pez africano de agua dulce, el mormírido, que suele vivir en cursos fluviales de aguas turbias, lo que le impide ser visto por los depredadores, por sus presas o por otros peces. El mormírido posee un órgano especial que genera un campo eléctrico y que le permite detectar el paso de cualquier criatura que lo atraviese. Pues bien, esta especie piscícola posee un cerebelo que ocupa toda la parte posterior del cerebro formando una gruesa capa que recuerda el neocórtex de los mamíferos. Pese a que los mormíridos poseen un cerebro tremendamente diferenciado de cualquier otro, desde una perspectiva esencialmente biológica se parecería mucho más al cerebro humano que al de un supuesto ser extraterrestre dotado de inteligencia.

Es probable que, como en nuestro caso, los cerebros de los organismos extraterrestres posean varios o muchos componentes acrecentados a través de un lento proceso evolutivo. También es posible que, al igual que en el hombre, se dé una tensión entre ellos, por más que el rasgo distintivo de una civilización que ha logrado sobrevivir por largo tiempo y superar los peligros de su entorno radique en la capacidad de arbitrar una paz duradera entre los diversos componentes cerebrales. Muy probablemente, este supuesto organismo extraterrestre habría ampliado también su inteligencia por vía extrasomática, mediante el uso de máquinas capaces de razonar. De todos modos, creo que nuestros cerebros y máquinas acabarán por entenderse y compenetrarse a fondo con los suyos.

Las ventajas de orden práctico y los conocimientos filosóficos que probablemente obtendríamos en el caso de que recibiéramos un largo mensaje de una avanzada civilización, serían sin duda de valor inapreciable. Sin embargo, determinar el alcance de estos beneficios y la rapidez con que lograríamos asimilarlos depende de los detalles contenidos en dicho mensaje, aspecto sobre el que resulta aventurado efectuar predicción alguna. Una cosa, sin embargo, parece obvia, y es que la recepción de un mensaje enviado por una avanzada civilización demostraría, primero, su existencia y, en segundo lugar, que existen métodos para evitar la autodestrucción, amenaza que tan real se dibuja en nuestra actual fase de adolescencia técnica. De lo dicho se infiere que la recepción de un mensaje interestelar procuraría una ventaja sumamente práctica, que en términos matemáticos se denomina teorema de existencia y que en el caso que nos ocupa consiste en la demostración de que una sociedad puede vivir y progresar en el marco de una avanzada tecnología. La seguridad de que existe una solución ayuda en gran manera a encontrarla. Este es uno de los múltiples y curiosos nexos entre la existencia de vida inteligente en otras regiones del cosmos y la existencia de seres inteligentes en la Tierra.

Aun cuando parece obvio que el incremento del saber y la inteligencia sean el único modo de salir de las dificultades que nos acechan y la única vía de acceso a un futuro halagüeño para la humanidad (o un futuro a

secas), en la práctica no siempre se adopta esta postura. A menudo los gobernantes olvidan la diferencia entre beneficios a corto y a largo plazo. Las más trascendentes ventajas prácticas han surgido de los progresos científicos más inverosímiles y en apariencia menos prácticos. Las ondas electromagnéticas son, hoy, el principal conducto en esta búsqueda de comunicación con seres de otros planetas, el medio con que se hace frente a las emergencias, el canal por el que se transmiten las noticias y las llamadas telefónicas y se divulgan por doquier los programas recreativos y de espectáculos. Las ondas electromagnéticas fueron introducidas por el físico escocés James Clerk Maxwell como elemento corrector y complementador del sistema de ecuaciones diferenciales parciales hoy conocidas como las ecuaciones de Maxwell. El nombre que les asignó inicialmente fue el de corriente de desplazamiento, y si propuso su introducción fue, ante todo, porque suponía conferir un mayor atractivo estético a dicho sistema de ecuaciones.

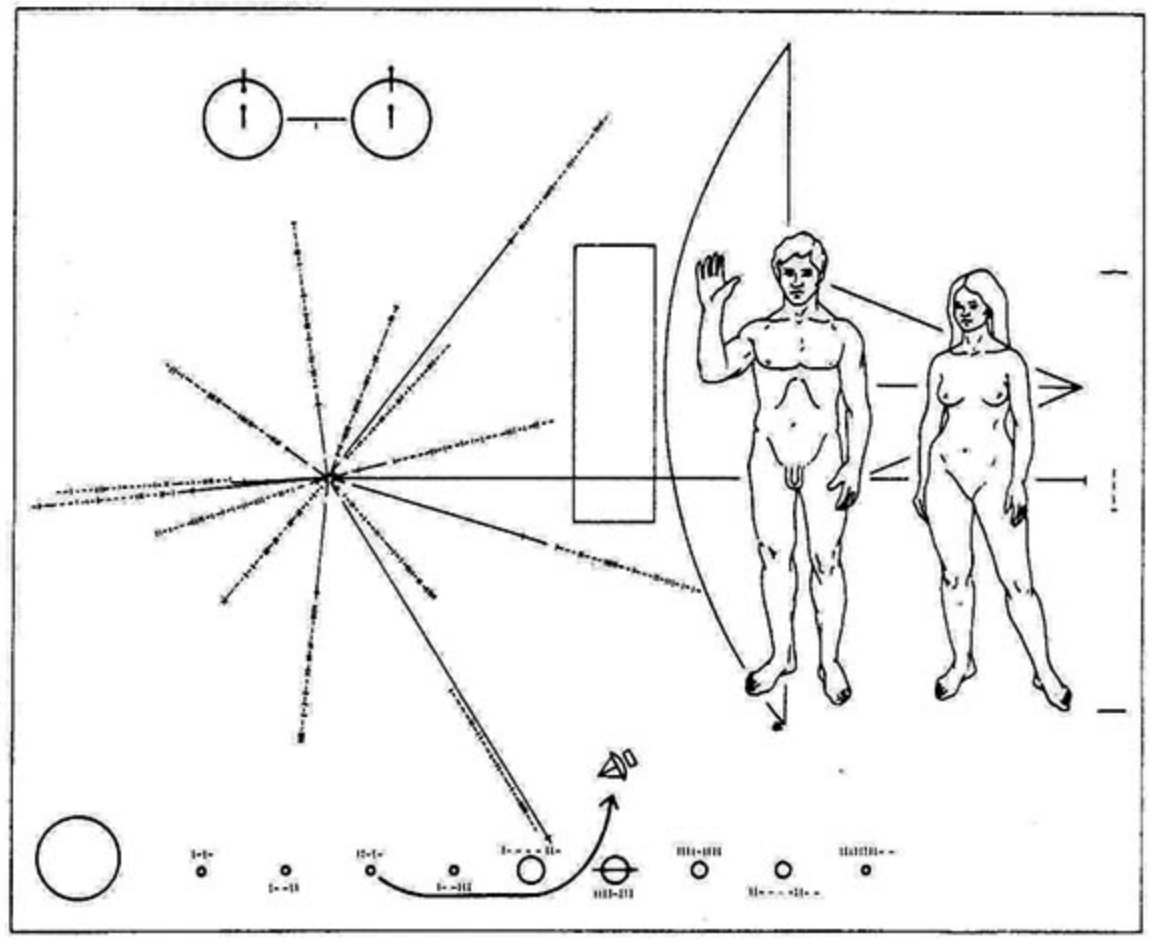


Ilustración 49. La placa de los Pioneer 10 y 11, los primeros vehículos de la humanidad en aventurarse por el espacio interestelar. Las placas de oro y aluminio anodizado, contienen información científica sobre los logros del ser humano en el planeta Tierra. Con todo, es indudable que podrían mejorarse estas informaciones a través de mensajes radiados interestelares.

El universo es intrincado y fascinante. Arrancamos secretos a la naturaleza por las sendas más insólitas. Por supuesto, las sociedades deberán adoptar toda clase de precauciones a la hora de decidir qué tecnologías —es decir, qué aplicaciones de la ciencia— deben desarrollarse y cuáles no. Pero si no consolidamos la investigación básica, si no se propicia la adquisición de conocimientos por su valor intrínseco, nuestras opciones de futuro quedarán peligrosamente limitadas. Bastaba con que un físico entre mil diera con algo como la corriente de desplazamiento para convertir el respaldo de este millar en una fabulosa inversión social. Sin una estimulación decidida, continuada y amplia de la investigación básica corremos el riesgo de comernos la simiente que utilizamos para la siembra,

es decir, conseguimos atajar el hambre un invierno más, pero renunciamos a la última esperanza de supervivencia de cara al siguiente invierno.

En una época en ciertos aspectos parecida a la nuestra, San Agustín de Hipona, después de una juventud licenciosa y mentalmente expansiva decidió retraerse del mundo de las sensaciones y del intelecto y aconsejó a otros que hicieran lo propio: «Existe otra forma de tentación que entraña incluso mayor peligro. Es la enfermedad de la curiosidad… Ella nos impulsa a querer desentrañar los secretos de la naturaleza, secretos que escapan a nuestra comprensión, que nada pueden reportarnos y a los que los hombres debieran renunciar… En medio de esta inmensa jungla llena de asechanzas y de peligros, he retrocedido y me he apartado de estas espinas. Flota a mi alrededor ese sinnúmero de cosas que nos trae la vida de cada día, pero ni me sorprendo ni dejo que me cautive el genuino deseo que siento de estudiarlas… He renunciado a soñar en las estrellas». La muerte de San Agustín, acaecida en el año 430 de nuestra era, marca en Europa el comienzo de la larga noche medieval o, dicho de otra manera, de la época del oscurantismo.

En el último capítulo de *The ascent of man* Bronowski se confiesa entristecido «al verme súbitamente rodeado, en occidente, por un sentimiento de pavoroso achicamiento, de retroceso ante el saber». Supongo que, en parte, Bronowski se refería a la limitada comprensión y escaso valor que se concede a la ciencia y a la técnica —que tanto han contribuido a configurar nuestra existencia y la de múltiples civilizaciones— en el ámbito de las comunidades sociales y políticas; pero también a la creciente popularidad de diversas pseudociencias, de una ciencia marginal y populachera, del misticismo y de la magia.

En la actualidad se observa en occidente (no así en los países del este) un renovado interés por doctrinas ambiguas, anecdóticas y a menudo manifiestamente erróneas que, si fueran ciertas, descubrirían cuando menos la existencia de un universo más sugestivo, pero que no siéndolo, implican una desidia intelectual, una endeblez mental y una dispersión de energías muy poco prometedoras de cara a nuestra supervivencia. Entre dichas doctrinas se cuenta la astrología (según la cual, al nacer yo una serie de astros situados a cien billones de millas de distancia se conjuntan en una

casa o *morada* que condiciona fatalmente mi destino); está, también, el «misterio» del triángulo de las Bermudas (que en sus varias versiones alude a la existencia de unos objetos volantes no identificados con base en las aguas costeras de dichas islas que engullen buques y aeronaves); los relatos sobre platillos volantes en general; la creencia en astronautas que vivieron en un pasado remoto; la fotografía de espectros; la piramidología (que, entre otras muchas cosas, sostiene la peregrina idea de que si guardo mi hoja de afeitar en el interior de una pirámide de cartón en vez de hacerlo en un estuche rectangular, conservo el filo mucho más cortante); la escientología; las auras y la fotografía kirliana; la vida emocional y preferencias musicales de los geranios; la cirugía psíquica; los modernos augures y profetas; el doblamiento a distancia de cuchillos y otros objetos cortantes; las proyecciones astrales; el catastrofismo velikovskiano; Atlantis y Mu; el espiritismo; y la doctrina de la creación específica del hombre, por parte de un dios o dioses, pese a la estrechísima relación que nos une con las restantes especies animales, tanto en el plano de la bioquímica como de la fisiología cerebral. Tal vez exista un atisbo de verdad en alguna de estas doctrinas, pero la amplia aceptación de que gozan trasluce una absoluta falta de rigor intelectual, una grave carencia de escepticismo y la necesidad de sustituir la experimentación por el propio deseo. Por regla general son —excúsenme la expresión— teorías generadas en el sistema límbico y en el hemisferio derecho, filigranas de la ensoñación, respuestas naturales —el término es, indudablemente, muy apropiado al caso— y humanas a la complejidad del medio que nos rodea. Pero son también doctrinas místicas y ocultas, concebidas de tal forma que eluden toda refutación y no pueden ser contrastadas con argumentos racionales. Por contra, estimo que la apertura hacia un futuro esclarecedor sólo puede venir dada a través de la plena operatividad del neocórtex. Debe llegarnos de la razón, entremezclada con la intuición y los componentes del sistema límbico y del complejo R, desde luego, pero de la razón al fin y al cabo, lo que supone una valerosa asunción del mundo tal como es en realidad.

Sólo durante el último día del calendario cósmico aparecen en la Tierra mecanismos intelectuales dignos de mención. El funcionamiento conjuntado de ambos hemisferios cerebrales es el instrumento de que la

naturaleza nos ha provisto para que podamos sobrevivir, y no es probable que la especie humana consiga este objetivo sin hacer un uso cabal y creativo de nuestro entendimiento.

«Somos una civilización científica —ha dicho Jacob Bronowski. Eso significa una civilización en la que el saber y su integridad son factores cruciales. Ciencia no es más que una palabra latina que significa conocimiento… Nuestro destino es el conocimiento».

BIBLIOGRAFÍA

ALLISON, T., y D. V. CICCHETTI. «Sleep in Mammals: Ecological and Constitutional Correlates». *Science*, vol. 149, pp. 732-734, 1976.

AREHART-TREICHEL, JOAN. «Brain Peptides and Psychopharmacology». *Science News*, vol. 110, pp. 202-206, 1976.

ARONSON, L. R., TOBACH, E., LEHRMAN, D. S., y J. S. ROSENBLATT, eds. *Development and Evolution of Behavior: Essays in Memory of T. C. Schneirla*. W. H. Freeman, San Francisco, 1970.

BAKKER, ROBERT T. «Dinosaur Renaissance». *Scientific American*, vol. 232, pp. 58-72 et seq., abril 1975.

BITTERMAN, M. E. «Phyletic Differences in Learning». *American Psychologist*, vol. 20, pp. 396-410, 1965.

BLOOM, F., D. SEGAL, N. LING y R. GUILLEMIN. «Endorphins: Profound Behavioral Effects in Rats Suggest New Etiological Factors in Mental Illness». *Science*, vol. 194, pp. 630-632, 1976.

BOGEN, J. E. «The Other Side of the Brain. II. An Appositional Mind». *Bulletin Los Angeles Neurological Societies*, vol. 34, pp. 135-162, 1969.

BRAMLETTE, M. N. «Massive Extinctions in Biota at the End of Mesozoic Time». *Science*, vol. 148, pp. 1696-1699, 1965.

BRAND, STEWART. *The Cybernetic Frontiers*. Random House, Nueva York, 1974.

BRAZIER, M. A. B. *The Electrical Activity of the Nervous System*. Macmillan, Nueva York, 1960.

BRONOWSKI, JACOB. *The Ascent of Man*. Little, Brown, Boston, 1973.

BRITTEN, R. J., y E. H. DAVIDSON. «Gene Regulation for Higher Cells: A Theory». *Science*, vol. 165, pp. 349-357, 1969.

CLARK, W. E. LEGROS. *The Antecedents of Man: An Introduction to the Evolution of the Primates*. Edinburgh University Press, Edinburgo, 1959.

COLBERT, EDWIN. *Dinosaurs: Their Discovery and Their World*. E. P. Dutton, Nueva York, 1961.

COLE, SONIA. *Leakey's Luck: The Life of Louis S. B. Leakey*. Harcourt Brace Jovanovich, Nueva York, 1975.

COPPENS, YVES. «The Great East African Adventure». CNRS *Research*, vol. 3, No. 2, pp. 2-12, 1976.

COPPENS, YVES, F. CLARK HOWELL. GLYNN LL ISAAC, y RICHARD E. F. LEAKEY, eds. *Earliest Man and Environments in the Lake Rudolf Basin: Stratigraphy, Palaeoecology and Evolution*. University of Chicago Press, Chicago, 1976.

CULLITON, BARBARA J. «The Haemmerli Affair: Is Passive Euthanasia Murder?» *Science*, vol. 190, pp. 1271-1275, 1975.

CUTLER, RICHARD G. «Evolution of Human Longevity and the Genetic Complexity Governing Aging Rate». *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 72, pp. 4664-4668, 1975.

DEMENT, WILLIAM C. *Some Must Watch While Some Must Sleep*. W. H. Freeman, San Francisco, 1974.

DERENZI, E., FAGLIONI, P., y H. SPINNLER. «The Performance of Patients with Unilateral Brain Damage on Face Recognition Tasks». *Cortex*, vol. 4, pp. 17-34, 1968.

DEWSON, J. H. «Preliminary Evidence of Hemispheric Asymetry of Auditory Function in Monkeys». En *Lateralization in the Nervous System*, S. Harnad, ed. Academic Press, Nueva York, 1976.

DIMOND, STUART, LINDA FARRINGTON y PETER JOHNSON. «Differing Emotional Responses from Right and Left Hemispheres». *Nature*, vol. 261, pp. 690-692, 1976.

DIMOND, S. J., y J. G. BEAUMONT, eds. *Hemisphere Function in the Human Brain*. Wiley, Nueva York, 1974.

DOBZHANSKY, THEODOSIUS. *Mankind Evolving: The Evolution of the Human Species*. Yale University Press, New Haven, Conn., 1962.

DOTY, ROBERT W. «The Brain». *Britannica Tearbook of Science and the Future*, Encyclopaedia Britannica, Chicago, 1970, pp. 34-53.

ECCLES, JOHN C. *The Understanding of the Brain*. McGraw-Hill, Nueva York, 1973.

ECCLES, JOHN C., ed., *Brain and Conscious Experience*. Springer-Verlag, Nueva York, 1966.

EIMERL, SAREL, y IRVEN DEVORE. *The Primates*. Life Nature Library, Time, Inc., Nueva York, 1965.

FARB, PETER. *Man's Rise to Civilization as Shown by the Indians of North America from Primeval Times to the Coming of the Industrial State*. E. P. Dutton, Nueva York, 1968.

FINK, DONALD G. *Computers and the Human Mind: An Introduction to Artificial Intelligence*. Doubleday Anchor Books, Nueva York, 1966.

FRISCH, JOHN H. «Research on Primate Behavior in Japan». *American Anthropologist*, vol. 61, pp. 584-596, 1959.

FROMM, ERICH. *The Forgotten Language: An Introduction to the Understanding of Dreams, Fairy Tales and Myths*. Grove Press, Nueva York, 1951.

GALIN, D., y R. ORNSTEIN. «Lateral Specialization of Cognitive Mode: An EEG Study». *Psychophysiology*, vol. 9, pp. 412-418, 1972.

GANTT, ELIZABETH. «Phycobilisomes: Light-Harvesting Pigment Complexes». *Bioscience*, vol. 25, pp. 781-788, 1975.

GARDNER, R. A., y BEATRICE T. GARDNER. «Teaching Sign-Language to a Chimpanzee». *Science*, vol. 165, pp. 664-672, 1969.

GAZZANIGA, M. S. «The Split Brain in Man». *Scientific American*, vol. 217, pp. 24-29, 1967.

GAZZANIGA, M. S. «Consistency and Diversity in Brain Organization». *Proceedings Conference on Evolution and Lateralization of the Brain, Annals of the New York Academy of Sciences*, 1977.

GERARD, RALPH W. «What Is Memory?» *Scientific American*, vol. 189, pp. 118-126, setiembre 1953.

GOODALL, JANE. «Tool-Using and Aimed Throwing in a Community of Free-Living Chimpanzees». *Nature*, vol. 201, pp. 1264-1266, 1964.

GOULD, STEPHEN JAY. «This View of Life: Darwin's Untimely Burial». *Natural History*, vol. 85, pp. 24-30, octubre 1976.

GRAY, GEORGE W. «The Great Ravelled Knot». *Scientific American*, vol. 179, pp. 26-39, octubre 1948.

GRIFFITH, RICHARD M., MIYAGI, OTOYA, y TAGO, AKIRA. «The Universality of Typical Dreams: Japanese vs. Americans». *American Anthropologist*, volt. 60, pp. 1173-1179, 1958.

GRINSPOON, LESTER, EWALT, J. R, y R. I. SCHADER. *Schizophrenia: Pharmacotherapy and Psychotherapy*. Williams & Wilkins: Baltimore, 1972.

HAMILTON, C. R. «An Assessment of Hemispheric Specialization in Monkeys». *Proceedings Conference on Evolution and Lateralization of the Brain, Annals of the New York Academy of Sciences*, 1977.

HARNER, M. J., ed. *Hallucinogens and Shamanism*. Oxford University Press, Londres, 1973.

HARRIS, MARVIN. *Cows, Pigs, Wars and Witches: The Riddles of Culture*. Random House, Nueva York, 1974.

HARTMANN, ERNEST L. *The Functions of Sleep*. Yale University Press, New Haven, Conn., 1973.

HAYES, C. *The Ape in Our House*. Harper, Nueva York, 1951.

HERRICK, C. JUDSON. «A Sketch of the Origin of the Cerebral Hemispheres». *Journal of Comparative Neurology*, vol. 32, pp. 429-454, 1921.

HOLLOWAY, RALPH L. «Cranial Capacity and the Evolution of the Human Brain». *American Anthropologist*, vol. 68, pp. 103-121, 1966.

HOLLOWAY, RALPH L. «The Evolution of the Primate Brain: Some Aspects of Quantitative Relations». *Brain Research*, vol. 7, pp. 121-172, 1968.

HOWELL, F. CLARK. *Early Man*. Life Nature Library, Time, Inc., Nueva York, 1965.

HOWELLS, WILLIAM. *Mankind in the Making: The Story of Human Evolution*. Rev. ed. Doubleday, Nueva York, 1967.

HUBEL, D. H., y WIESEL, T. N. «Receptive Fields of Single Neurons in the Cat's Striate Cortex». *Journal of Physiology*, vol. 150, pp. 91-104, 1960.

INGRAM, D. «Cerebral Speech Lateralization in Young Children». *Neuropsychologia*, vol. 13, pp. 103-105, 1975.

JERISON, H. J. *Evolution of the Brain and Intelligence*. Academic Press, Nueva York, 1973.

JERISON, H. J. «The Theory of Encephalization». *Proceedings Conference on Evolution and Lateralization of the Brain, Annals of the New York Academy of Sciences*, Nueva York, 1977.

KELLER, HELEN. *The Story of My Life*. Nueva York, 1902.

KORSAKOV, S. «On the Psychology of Microcephalies (1893)». Reimpreso en el *American Journal of Mental Deficient Research*, vol. 4, pp. 42-47, 1957.

KROEBER, T. *Ishi in Two Worlds*. University of California Press, Berkeley, 1961.

KURTEN, BJORN. *Not from the Apes: The History of Man's Origins and Evolution*, Vintage Books, Nueva York, 1972.

LA BARRE, WESTON. *The Human Animal*. University of Chicago Press, Chicago, 1954.

LANGER, SUSANNE. *Philosophy in a New Key: A Study in the Symbolism of Reason, Rite and Art*. Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1942.

LASHLEY, K. S. «Persistent Problems in the Evolution of Mind». *Quarterly Review of Biology*, vol. 24, pp. 28-42, 1949.

LASHLEY, K. S. «In Search of the Engram». *Symposia of the Society of Experimental Biology*, vol. 4, pp. 454-482, Nueva York, 1950.

LEAKEY, RICHARD E. «Hominids in Africa». *American Scientist*, vol. 64, No. 2, p. 174, 1976.

LEAKEY, R. E. F., y A. C. WALKER, «Australopithecus, Homo erectus and the Single Species Hypothesis». *Nature*, vol. 261, pp. 572-574, 1976.

LEE, RICHARD, e IRVEN DEVORE, eds. *Man, the Hunter*. Aldine, Chicago, 1968.

LE MAY, M., y GESCHWIND, N. «Hemispheric Differences in the Brains of Great Apes». *Brain Behavior and Evolution*, vol. 11, pp. 48-52, 1975.

LETTVIN, J. Y., MATTURANA, H. R., MCCULLOCH, W. S., y PITTS, W. J. «What the Frog's Eye Tells the Frog's Brain». *Proceedings of the Instituye of Radio Engineers*, vol. 47, pp. 1940-1951, 1959.

LIEBERMAN, P., KLATT, D., y W. H. WILSON. «Vocal Tract Limitations on the Vowel Repertoires of Rhesus Monkeys and Other Non-Human Primates». *Science*, vol. 164, pp. 1185-1187, 1969.

LINDEN, EUGENE. *Apes, Men and Language*. E. P. Dutton, Nueva York, 1974.

LONGUET-HIGGINS, H. C. «Perception of Melodies». *Nature*, vol. 263, pp. 646-653, 1976.

MACLEAN, PAUL D. *On the Evolution of Three Mentalities* (próxima publicación).

MACLEAN, PAUL, D. *A Triune Concept of the Brain and Behaviour*. University of Toronto Press, Toronto, 1973.

MCCULLOCH, W. S., y PITTS, W. «A. Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity». *Bulletin of Mathematical Biophysics*, vol. 5, pp. 115-133, 1943.

MCHENRY, HENRY. «Fossils and the Mosaic Nature of Human Evolution». *Science*, vol. 190, pp. 425-431, 1975.

MEDDIS, RAY. «On the Function of Sleep». *Animal Behaviour*, vol. 23, pp. 676-691, 1975.

METTLER, F. A. *Culture and the Structural Evolution of the Neural System*. American Museum of Natural History, Nueva York, 1956.

MILNER, BRENDA, CORKIN, SUZANNE y TEUBER, HANS-LUKAS. «Further Analysis of the Hyppocampal Amnesic Syndrome: 14-Year Follow-up Study of H. M.» *Neuropsychologia*, vol. 6, pp. 215-234, 1968.

MINSKY, MARVIN. «Artificial Intelligence». *Scientific American*, vol. 214, pp. 19-27, 1966.

MITTWOCH, URSULA. «Human Anatomy». *Nature*, vol. 261, p. 364, 1976.

NEBES, D., y R. W. SPERRY. «Hemispheric Deconnection Syndrome with Cerebral Birth Injury in the Dominant Arm Area». *Neuropsychologia*,

vol. 9, pp. 247-259, Nueva York, 1971.

OXNARD, C. E. «The Place of the Australopithecines in Human Evolution: Grounds for Doubt?» *Nature*, vol. 258, pp. 389-395, 1975.

PENFIELD, W. y T. C. ERICKSON. *Epilepsy and Cerebral Localization*. Charles C. Thomas, Springfield, I11., 1941.

PENFIELD, W. y L. Roberts. *Speech and Brain Mechanisms*. Princeton University Press, Princeton, N. J., 1959.

PILBEAM, DAVID. *The Ascent of Man: An Introduction to Human Evolution*. Macmillan, Nueva York, 1972.

PILBEAM, D., y S. J. GOULD. «Size and Scaling in Human Evolution». *Science*, vol. 186, pp. 892-901, 1974.

PLATT, JOHN R. *The Step to Man*, John Wiley, Nueva York, 1966.

PLOOG, D. W., BLITZ, J., y PLOOG, F. «Studies on Social and Sexual Behavior of the Squirrel Monkey (Saimari sciureus)». *Folia Primatologica*, vol. 1, pp. 29-66, 1963.

POLIAKOV, G. I. *Neuron Structure of the Brain*. Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1972.

PREMACK, DAVID. «Language and Intelligence in Ape and Man,» *American Scientist*, vol. 64, pp. 674-683, 1976.

PRIBRAM, K. H. *Languages of the Brain*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1971.

RADINSKY, LEONARD. «Oldest Horse Brains: More Advanced than Previously Realized». *Science*, vol. 194, pp. 626-627, 1976.

RALL, W. «Theoretical Significance of Dendritic Trees for Neuronal Input-Output Relations». En *Neural Theory and Modeling*, R. F. Reiss, ed., Stanford University Press, Stanford, 1964.

ROSE, STEVEN. *The Conscious Brain*. Alfred A. Knopf, Nueva York, 1973.

ROSENZWEIG, MARK R., EDWARD L. BENNETT y MARIAN CLEEVES DIAMOND. «Brain Changes in Response to Experience,» *Scientific American*, vol. 226, No. 2, pp. 22-29, February 1972.

RUMBAUGH, D. M., GILL, T. V., y E. C. VON GLASERFELD. «Reading and Sentence Completion by a Chimpanzee». *Science*, vol. 182, pp. 731-735, 1973.

RUSSELL, DALE A. «A New Specimen of Stenonychosaurus from the Oldman Formation (Cretaceous) of Alberta». *Canadian Journal of Earth Sciences*, vol. 6, pp. 595-612, 1969.

RUSSELL, DALE A. «Reptilian Diversity and the Cretaceous-Tertiary Transition in North America». *Geological Society of Canada Special Paper*, n.º 13, pp. 119-136, 1973. SAGAN, Carl. The Cosmic Connection: An Extraterrestrial Perspective. Doubleday, Nueva York, 1973; y Dell, Nueva York, 1975.

SAGAN, CARL, ed. *Communication with Extraterrestrial Intelligence*. MIT Press, Cambridge, Mass., 1973.

SCHMITT, FRANCIS O., PARVATI DEV, y BARRY H. SMITH. «Electrotonic Processing of Information by Brain Cells». *Science*, vol. 193, pp. 114-120, 1976.

SCHALLER, GEORGE, *The Mountain Gorilla: Ecology and Behavior*. University of Chicago Press, Chicago, 1963. SCHANK, R. C., y K. M. COLBY, eds. Computer Models of Thought and Language. W. H. Freeman, San Francisco, 1973.

SHKLOVSKIT, J. S., y CARL SAGAN. *Intelligent Life in the Universe*. Dell, Nueva York, 1967.

SNYDER, F. «Toward an Evolutionary Theory of Dreaming». *American Journal of Psychiatry*, vol. 123, pp. 121-142, 1966.

SPERRY, R. W. «Perception in the Absence of the Neocortical Commissures». En *Perception and Its Disorders*, Research Publication

of the Association for Research in Nervous and Mental Diseases, vol. 48, 1970.

STAHL, BARBARA J. «Early and Recent Primitive Brain Forms». *Proceedings of the Conference on Evolution and Lateralization of the Brain, Annals of the New York Academy of Sciences*, 1977.

SWANSON, CARL P. *The Natural History of Man*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1973.

TENG, EVELYN LEE, LEE, P. H., YANG, K. S., y P. C. CHANG. «Handedness in a Chinese Population: Biological, Social and Pathological Factors». *Science*, vol. 193, pp. 1148-1150, 1976.

TEUBER, HANS-LUKAS. «Effects of Focal Brain Injury on Human Behavior». *In The Nervous System*, Donald B. Tower, editor-in-chief, vol. 2: The Clinical Neurosciences. Raven Press, Nueva York, 1975.

TEUBER, HANS-LUKAS, MILNER, BRENDA, y VAUGHAN, H. G., JR. «Persistent Anterograde Amnesia after Stab Wound of the Basal Brain». *Neuropsychologia*, vol. 6, pp. 267-282, 1968.

TOWER, D. B. «Structural and Functional Organization of Mammalian Cerebral Cortex: The Correlation of Neurone Density with Brain Size». *Journal of Comparative Neurology*, vol. 101, pp. 19-51, 1954.

TROTTER, ROBERT J. «Language Evolving, Part II.» *Science News*, vol. 108, pp. 378-383, 1975.

TROTTER, ROBERT J. «Sinister Psychology». *Science News*, vol. 106, pp. 220-222, 5 octubre 1974.

TURKEWITZ, GERALD. «The Development of Lateral Differentiation in the Human Infant». *Proceedings of the Conference on Evolution and Lateralization of the Brain, Annals of the New York Academy of Sciences*, 1977.

VACROUX, A. «Microcomputers». *Scientific American*, vol. 232, pp. 32-40, mayo 1975.

VAN LAWICKGOODALL, JANE. *In the Shadow of Man*. Houghton-Mifflin, Boston, 1971.

VAN VALEN, LEIGH. «Brain Size and Intelligence in Man». *American Journal of Physical Anthropology*, vol. 40.

VON NEUMANN, JOHN, *The Computer and the Brain*. Yale University Press, New Haven, Conn., 1958.

WALLACE, PATRICIA. «Unravelling the Mechanism of Memory». *Science*, vol. 190, pp. 1076-1078, 1975.

WARREN, J. M. «Possibly Unique Characteristics of Learning by Primates». *Journal of Human Evolution*, vol. 3, pp. 445-454, 1974.

WASHBURN, SHERWOOD L. «Tools and Human Evolution,» *Scientific American*, vol. 203, pp. 62-75, septiembre 1960.

WASHBURN, S. L., y R. MOORE. *Ape Into Man*. Little, Brown, Boston, 1974.

WEBB, W. B. *Sleep, The Gentle Tyrant*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1975.

WEIZENBAUM, JOSEPH. «Conversations with a Mechanical Psychiatrist». *The Harvard Review*, vol. III, n.º 2, pp. 68-73, 1965.

WENDT, HERBERT. *In Search of Adam*. Collier Books, Nueva York, 1963.

WITELSON, S. F., y W. PALLIE. «Left Hemisphere Specialization for Language in the Newborn: Neuroanatomical Evidence of Asymmetry». *Brain*, vol. 96, pp. 641-646, 1973.

YENI-KOMSHIAN, G. H., y D. A. BENSON. «Anatomical Study of Cerebral Asymmetry in the Temporal Lobe of Humans, Chimpanzees, and Rhesus Monkeys». *Science*, vol. 192, pp. 387-389, 1976.

YOUNG, J. Z. *A Model of the Brain*. Clarendon Press, Oxford, 1964.

GLOSARIO DE VOCES TÉCNICAS

ACCESO En la jerga de los computadores, se denomina así al proceso destinado a obtener o recuperar datos de una unidad periférica.

ÁCIDO NUCLEICO Material genético de todos los seres vivos de la Tierra. Es una molécula compuesta de largas cadenas de unidades llamadas nucleótidos, por lo común enrolladas en doble hélice. Existen dos clases principales de ácidos nucleicos, el ADN y el ARN.

ADN Ácido desoxirribonucleico. Véase *ácido nucleico*.

AFASIA En sentido general, merma o pérdida de la capacidad de articular ideas mediante todo tipo de lenguaje. En sentido más estricto alude a la incapacidad de discernir el significado de las palabras pronunciadas de viva voz. Compárese con *alexia*.

ALEXIA Merma o pérdida de la capacidad de comprender el lenguaje escrito o impreso, tanto si se trata de palabras sueltas como de oraciones. Compárese con *afasia*.

AMESLAN (AMESLANO) Nombre que se aplica en Norteamérica al lenguaje gestual o alfabeto para sordomudos.

AMÍGDALA Componente del sistema límbico, en forma de almendra, contiguo al lóbulo temporal del neocórtex.

ANÁGLIFO Representación estereoscópica plana de una imagen tridimensional. Casi siempre está compuesta por puntitos rojos y verdes y se contempla con gafas de uno y otro color.

ÁREA DE BROCA Porción del neocórtex que guarda estrecha relación con el habla.

ARMAZÓN NEURAL Conjunto integrado por la médula espinal, el cerebro posterior y el cerebro medio.

ARN Ácido ribonucleico. Véase *ácido nucleico*.

BILATERAL Por ambas partes.

BIT Unidad binaria de información. Un bit es la respuesta a una cuestión que sólo admite un «sí» o un «no» como respuesta.

BULBOS OLFATORIOS Componentes del cerebro unidos a la parte delantera del cerebro anterior y que desempeñan un importante papel en la percepción de olores.

CEREBELO Masa cerebral alojada en la parte de la cabeza correspondiente a la nuca, debajo de la corteza cerebral posterior y encima del puente y la médula oblongada del rombencéfalo. Al igual que el neocórtex, se compone de dos hemisferios.

CEREBRO ANTERIOR También llamado prosencéfalo. La parte evolutivamente más moderna de las tres principales divisiones del cerebro de los vertebrados. A su vez se divide en complejo R, sistema límbico y neocórtex.

CEREBRO MEDIO También llamado mesencéfalo. Región intermedia del cerebro de los vertebrados, entre el cerebro anterior y el posterior.

CEREBRO POSTERIOR También llamado rombencéfalo. La parte más primitiva del cerebro, que incluye el puente de Varolio, el cerebelo, la médula oblongada y la parte superior de la médula espinal.

CEREBRO TRINO Idea avanzada muy recientemente por Paul MacLean según la cual el cerebro anterior está formado por tres sistemas cognoscitivos que han evolucionado por separado y que, hasta cierto punto, funcionan de manera independiente.

CETÁCEOS Orden de mamíferos acuáticos que comprende a las ballenas y delfines.

CIGOTO Huevo u óvulo fecundado.

CIRCUNVOLUCIÓN Véase *giro*.

COMISURA ANTERIOR Haz relativamente pequeño de fibras nerviosas que une los hemisferios cerebrales derecho e izquierdo del neocórtex. Compárese con *cuerpo calloso*.

COMISURA DEL HIPOCAMPO Haz relativamente pequeño de fibras nerviosas que une los hemisferios derecho e izquierdo de la corteza cerebral cerca del hipocampo. Compárese con *cuerpo calloso*.

COMPLEJO R O COMPLEJO REPTLICO La parte evolutivamente más primitiva del cerebro anterior.

CORTEZA CEREBRAL (CÓRTEX) En el hombre y en los mamíferos superiores designa la capa superficial más extensa de los hemisferios cerebrales, determinante en buena parte de los actos prototípicos del hombre. A veces se usa con el mismo significado que neopalio o neocórtex.

CORTEZA MOTORA Porción del neocórtex que regula el movimiento y la función de los miembros.

CRANEOTOMÍA Seccionamiento o extirpación de una parte del cráneo, en general como paso previo a la intervención quirúrgica del cerebro.

CROMOSOMAS Cuerpos filamentosos que contienen el material hereditario (genes). Están integrados únicamente por ácidos nucleicos.

CUERPO CALLOSO La gran comisura o haz de fibras nerviosas que forman la principal conexión entre los hemisferios izquierdo y derecho de la corteza cerebral.

ELECTRODO Conductor eléctrico sólido por el que fluye una corriente eléctrica. El electroencefalógrafo registra a través de los electrodos las corrientes eléctricas que genera el cerebro.

ELECTROENCEFALÓGRAFO (EEG) Aparato consistente en una serie de amplificadores y en una pluma-registro que transcribe de forma automática sobre un cilindro giratorio. Se usa para registrar las corrientes eléctricas cerebrales transmitidas mediante electrodos aplicados a la cabeza del paciente. Se utiliza como fórmula de diagnóstico médico y en los estudios sobre la función del cerebro.

ENDOCRANEAL Relativo a la cara interna del cráneo.

ENDORFINAS Pequeñas proteínas cerebrales producidas en el interior del organismo susceptibles de originar diversidad de estados emocionales, o de otro signo, en los animales.

EQUIPOTENTE Que posee idéntica capacidad. De manera específica, la teoría de que para determinadas funciones cognoscitivas y de otro tipo cualquier parte del cerebro puede reemplazar a otra en la realización de las mismas.

EXTIRPACIÓN Suprimir por entero una unidad del cerebro, normalmente mediante una intervención quirúrgica.

FUNCIÓN ECOLÓGICA Papel que corresponde al organismo en la naturaleza.

GAMETO Esperma o célula reproductora capaz de participar en la fecundación. Contienen un número haploide de cromosomas.

GIRO También llamada circunvolución. Una de las prominentes elevaciones tubulares que asoman en la superficie del neocórtex.

HAPLOIDE Que posee un número de cromosomas igual a la mitad de los contenidos en un cuerpo ordinario o célula somática. Por ejemplo, en el hombre cada célula somática tiene 46 cromosomas, pero un gameto posee sólo 23.

HIPOCAMPO Formación del sistema límbico relacionada con la memoria.

HIPOTÁLAMO Porción del sistema límbico situada en la base del tálamo y que, entre otras funciones, ayuda a regular la temperatura del cuerpo y los procesos metabólicos.

INFORMACIÓN EXTRAGENÉTICA Información acumulada con independencia de los genes, normalmente por vía discursiva o como legado cultural.

INFORMACIÓN EXTRASOMÁTICA Información no contenida en el organismo (por ejemplo, un libro).

LATERALIZACIÓN Separación de funciones entre dos lados, en especial los hemisferios derecho e izquierdo del neocórtex.

LESIÓN Corte, herida o daño en general. Algunas lesiones cerebrales son resultado de un accidente y otras consecuencia de una intervención quirúrgica.

LOBOTOMÍA Incisión quirúrgica o lesión de uno de los lóbulos neocorticales.

LÓBULOS DEL NEOCÓRTEX Véase *lóbulo frontal*, *lóbulo occipital*, *lóbulo parietal* y *lóbulo temporal*.

LÓBULO FRONTAL Porción del neocórtex situada aproximadamente debajo de la frente.

LÓBULO OCCIPITAL Porción del neocórtex situada aproximadamente debajo de la base posterior del cráneo.

LÓBULO PARIETAL Aproximadamente, la porción media de cada hemisferio cerebral del neocórtex.

LÓBULO TEMPORAL Porción del neocórtex situada aproximadamente debajo de las sienes.

LOCALIZACIÓN DE LA FUNCIÓN CEREBRAL El hallazgo de que ciertas partes del cerebro llevan a cabo determinadas funciones que les son propias. Hipótesis opuesta a la del cerebro *equipotente*.

MÉDULA OBLONGADA Porción del cerebro que se continúa con la médula espinal. Forma parte del cerebro posterior.

MEMORIA DURADERA Aquella que se conserva durante un lapso de tiempo sustancial, por lo general más de un día.

MEMORIA EFÍMERA Aquella que se conserva por breves períodos de tiempo, normalmente menos de un día.

MICROCEFÁLICO Dícese del sujeto que posee una cabeza más pequeña de lo corriente. Esta condición suele ir acompañada de una considerable merma de las facultades mentales.

MUTACIÓN Cambio hereditario que se produce en los ácidos nucleicos de los cromosomas.

NEOCÓRTEX La capa más externa y evolutivamente más moderna de la corteza cerebral. A veces se le otorga el mismo significado que a este último término.

NEURONA Célula nerviosa; unidad fundamental del sistema nervioso y del cerebro.

NUCLEÓTIDO Elemento fundamental de los ácidos nucleicos.

PITUITARIA Glándula endocrina «rectora» situada en el sistema límbico, aunque cerca del cerebro medio. Influye en el crecimiento e interviene en la actividad de otras glándulas endocrinas.

PLASTICIDAD Ductilidad, adaptabilidad, capacidad para ser formado o moldeado y, de manera específica, la facultad de asimilar las enseñanzas del medio exterior.

PRESIÓN SELECTIVA En el cuadro de la teoría evolucionista, la influencia del medio en la selección de una serie de rasgos genéticos con fines de supervivencia y de reproducción.

PREWIRED En la jerga de los computadores, información asentada en el lugar que le corresponde. También se le llama *hard-wired*. A más *prewiring*, menos plasticidad.

PRIMATES Orden (una de las clasificaciones taxonómicas) de mamíferos que comprende al hombre y a los lémures, los monos y los grandes simios.

PROCESOS PRIMARIOS Término psicoanalítico que designa a las funciones inconscientes básicas del cerebro.

PROTEÍNAS Junto con los ácidos nucleicos, principal base molecular de la vida en la Tierra. Las proteínas están compuestas de unidades constitutivas llamadas aminoácidos y, por lo común, presentan repliegues y curvaturas notables. Algunas proteínas tienen forma esférica y otras semejan esculturas abstractas autoestables. Todas las enzimas, sustancias que controlan el ritmo de las reacciones químicas en la célula, son proteínas. Los ácidos nucleicos regulan la síntesis y la activación de las enzimas.

PSICOMOTOR Que está relacionado con la regulación mental de los procesos musculares.

PUENTE (PONS) También llamado *puente de Varolio*. Arco neural que une la médula oblongada con el cerebro medio. Forma parte del cerebro posterior.

RECAPITULACIÓN (O RECAPITULACIÓN DE LA FILOGENIA POR LA ONTOGENIA) La repetición manifiesta, durante el desarrollo embrionario de un organismo, de un estado embrionario propio de los antecesores de la especie.

REM (*rapid eye movements*) Movimiento rápido conjugado de los ojos, en especial el que se produce en los párpados durante los períodos de ensoñación a lo largo del sueño. En consecuencia, caracterización de las ensoñaciones.

SELECCIÓN NATURAL Mecanismo principal de la evolución biológica, descrito en un principio por Darwin y Wallace. Sostiene que los organismos accidentalmente más adaptados al medio sobreviven mejor y dejan más descendientes en la generación siguiente que los menos dotados.

SINAPSIS Conjunción de dos neuronas; punto desde el cual se trasmite el impulso eléctrico de una neurona a otra.

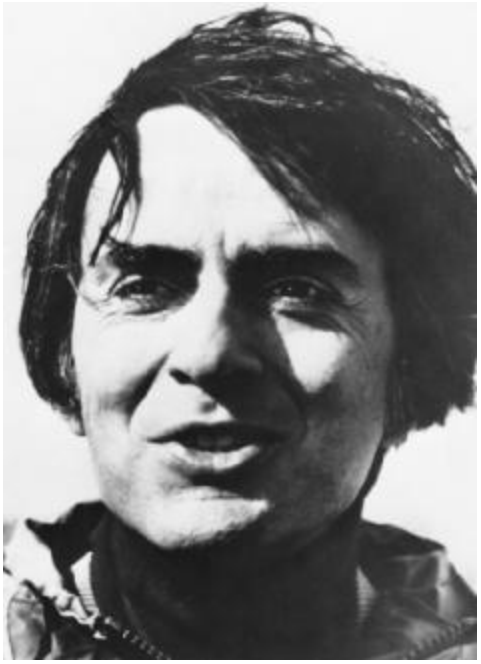
SISTEMA LÍMBICO Parte del cerebro anterior que ocupa una posición intermedia, tanto por su situación como por su antigüedad, entre el complejo R y el neocórtex.

TÁLAMO Porción del sistema límbico próxima al centro del cerebro. Entre otras funciones, proyecta estímulos sensoriales al neocórtex.

TAXÓN Grupo de organismos clasificados conforme a sus rasgos comunes, desde los que presentan diferencias de poca monta, como la raza y la subespecie, hasta los muy diferenciados, como los reinos animal y vegetal.

TOMÍA (sufijo) Seccionamiento del órgano antepuesto a dicho sufijo, como, por ejemplo, *craneo*tomía, *lobo*tomía, etc.

VUELCO DE MEMORIA INTERMEDIA (*buffer dumping*) La obtención o evacuación de información almacenada provisionalmente en la *memoria efímera* (o de corta duración).



CARL SAGAN, titular de la cátedra David Duncan de astronomía y ciencias del espacio de la Universidad de Cornell, donde dirige también el Laboratorio de Estudios Planetarios, ha escrito o dirigido la redacción de cartorce libros y de innumerables trabajos científicos, entre ellos un articulo exhaustivo sobre el término «VIDA» para la última edición de la Enciclopedia Británica. Ha sido galardonado con la *medalla de la NASA* por sus excepcionales aportaciones científicas, con el *Premio John Campbell* al «mejor libro científico del año», con el *Premio Joseph Priestley* «por su destacada contribución en favor de la humanidad» y, últimamente, con el Premio Pulitzer. Ha dictado cursos en la Facultad de Medicina de Stanford y en la Universidad de Harvard. A lo largo del año 1976, participó en Pasadena (California) en el proyecto *Viking* para la investigación del planeta Marte.

Notas

[1] Desde que tuviera lugar el famoso debate victoriano entre el obispo Wilberforce y T. H. Huxley se han disparado inútilmente continuas andanadas contra las ideas sostenidas por Darwin y Wallace, a menudo inducidas por aquellos en posesión de hachas doctrinales que amolar. La evolución es un hecho ampliamente demostrado por los restos fósiles y los hallazgos de la moderna biología molecular. La bien conjuntada teoría de la selección natural tiene por objeto explicar el fenómeno de la evolución. Se hallará una muy ponderada respuesta a las críticas formuladas en fechas recientes a la teoría en cuestión, incluso a la peregrina opinión de que la selección natural es una tautología («Los que sobreviven, sobreviven»), en el artículo de Gould, publicado en 1976, reseñado en las referencias bibliográficas expuestas al final de la obra. Darwin era, indiscutiblemente, un hombre de su época, y por ello mismo proclive —como traslucen sus comentarios sobre los habitantes de la Tierra del Fuego citados al principio del libro— a establecer comparaciones autocomplacientes entre los pueblos europeos y otras comunidades étnicas. A decir verdad, las sociedades del período pretecnológico se parecían más a los hospitalarios, gregarios y civilizados bosquimanos cazadores y recolectores del desierto del Kalahari que a los fueguinos a los que Darwin, no sin cierta justificación, tenía en tan bajo aprecio. Sin embargo, las percepciones darwinianas en torno a la evolución, la selección natural como causa primera de aquélla y la incidencia de estos conceptos en la configuración de la naturaleza del ser humano, constituyen auténticos jalones en la historia de la investigación científica, tanto más cuanto que en la Inglaterra victoriana —y también hoy, aunque en menor medida— estas ideas chocaron con una recalcitrante oposición. <<

[2] Hasta cierto punto el ritmo de mutación viene a su vez regulado por la selección natural como se desprende del ejemplo aducido sobre las «tijeras moleculares». Pero es muy probable que exista un índice de mutabilidad mínimo e irreducible 1.º) para que tengan lugar suficientes experimentos genéticos y la selección natural entre en acción, y 2.º) como elemento equilibrador entre las mutaciones producidas, supongamos, por los rayos cósmicos y los más eficaces mecanismos «restauradores» de la célula. <<

[3] Incidentalmente, como prueba de la influencia de las películas de dibujos animados en la vida norteamericana, vuélvase a leer el párrafo en que se habla de la rata y sustituyase este término por el de «ratón». Luego compruebe si aumenta de sopetón la simpatía hacia este comprendido roedor expuesto incesantemente al bisturí de los investigadores. <<

[4] Si nos atenemos al criterio de la proporción entre masa cerebral y masa corporal, los tiburones son los más inteligentes especímenes de la fauna piscícola, circunstancia congruente con el papel que la naturaleza asigna a estos cetáceos, ya que los depredadores de la mar deben ser más inteligentes que los comedores de plancton. Tanto por lo que respecta al progresivo aumento de la masa cerebral en proporción al peso del cuerpo como en lo concerniente a la formación de centros coordinadores en los tres principales componentes de sus cerebros, la evolución de los tiburones se ha desarrollado, curiosamente, de forma paralela a la evolución de los vertebrados superiores en tierra firme. <<

[5] El ángulo de uno al otro extremo del horizonte en una superficie plana mide 180 grados; el diámetro de la luna es de 0,5 grados. Me consta que puedo apreciar algunos detalles en la superficie del astro, tal vez unos doce elementos visuales. De ello se deduce que el ojo tiene un poder de resolución de unos 0,5 / 12 = 0,04 grados. Todo lo que sea inferior a esa cifra escapa a la visión del ojo humano. Según parece, el campo visual instantáneo que percibe el «ojo» de mi mente, así como mi ojo real, es unos dos grados por lado. Así pues, la figurita cuadrada que puedo visualizar en cualquier momento dado, contiene alrededor de 2.500 elementos gráficos $(2 / 0{,}04)^2$ equivalentes a los puntitos de una telefoto. Establecer toda la posible gama de grises y de color de estos puntos exige unos 20 bits por cada elemento de la imagen. Así, la descripción de la figurita a que aludía requiere unos 50.000 bits (2.500 × 20 bits). Pero escrutar la imagen requiere unos diez segundos, por lo que la velocidad de procesamiento sensorial de datos probablemente no es mucho mayor de 5.000 bits por segundo (50.000 / 10). A título de referencia, las cámaras instaladas en el *lander* del Viking, que poseen asimismo un poder de resolución de 0,04 grados, utilizan sólo seis bits por elemento gráfico para establecer su intensidad de tono y es capaz de transmitirlos directamente por radio a la Tierra a razón de 500 bits por segundo. Las neuronas del cerebro generan un potencial de 25 watios, apenas suficiente para encender una pequeña luz incandescente. El potencial del *lander* del Viking para la transmisión de mensajes por radio y la realización de las restantes funciones encomendadas es de unos 50 watios en total. <<

[6] Sin embargo, esta norma sobre los cuidados proporcionalmente mayores que los mamíferos prodigan a sus crías frente a los reptiles tiene no pocas excepciones. El cocodrilo hembra del Nilo, por ejemplo, coloca con todo esmero a las crías recién salidas del cascarón en su boca y las deposita en las aguas fluviales, donde gozan de relativa seguridad, en tanto que el león macho del Serengeti, cuando se pone por vez primera al frente de una manada de leones, mata a todos los cachorros allí residentes. Pero, en conjunto, los mamíferos muestran mucho más apego sus crías que los reptiles. Seguramente, esa diferencia era todavía más marcada cien millones de años atrás. <<

[7] La cabeza y el cuerpo de un artrópodo siguen funcionando normalmente por breve tiempo aun separadas la una del otro. La *mantis religiosa* hembra suele responder al porfiado cortejo de un macho decapitándolo. Si entre los hombres tal proceder sería socialmente execrable, no ocurre lo mismo entre los insectos. En efecto, al desgajar el cerebro del resto del cuerpo se eliminan las inhibiciones sexuales y se estimula al aparcamiento a lo que queda del macho. Luego, la hembra completa el festín con un ágape, por supuesto en solitario. Quizás esta reacción sea una a modo de lección cautelar contra la excesiva represión sexual. <<

[8] Existe un cúmulo de pruebas de tipo médico acerca de la conexión entre la irrigación sanguínea y las facultades intelectuales. Se sabe desde hace tiempo que los pacientes privados de oxígeno por espacio de unos minutos pueden experimentar graves menoscabos mentales con carácter permanente. Las intervenciones quirúrgicas para limpiar las arterias carótidas obstruidas e impedir así el ataque apoplético, han traído aparejadas consecuencias beneficiosas no previstas. Según datos recogidos en un estudio sobre el tema, a las seis semanas de operados los pacientes mostraban un incremento medio del coeficiente intelectual de dieciocho puntos, lo que constituye una mejora sustancial. Asimismo, se discute si la inmersión en oxígeno hiperbárico —o sea, oxígeno a muy alta presión— aumenta el grado de inteligencia en los niños de corta edad. <<

[9] Las modernas técnicas empleadas en la fabricación de cohetes y en la exploración espacial deben muchísimo al Dr. Robert H. Goddard, quien a lo largo de muchas décadas de abnegada investigación en solitario impulsó decisivamente todos los aspectos básicos de la tecnología de los proyectiles. Goddard se interesó por este campo en un instante de mágica inspiración. En el otoño de 1899, hallándose en Nueva Inglaterra, Goddard, que contaba diecisiete años y era estudiante de último curso de enseñanza media se subió a un cerezo y mientras paseaba distraídamente la mirada por el suelo tuvo la etérea visión de un vehículo que transportaba seres humanos al planeta Marte; desde aquel momento decidió dedicar su esfuerzo a esa tarca. Exactamente un año después volvió a trepar al árbol, y en adelante, hasta el resto de sus días, hizo del 19 de octubre una fecha conmemorativa de aquel momento de inspiración. ¿Es realmente un azar que esta visión de los viajes espaciales, que se hizo luego realidad histórica por propia dinámica, tuviera por marco las ramas de un árbol? <<

[10] El juicio de Dios sobre la serpiente fue el de que en adelante «reptarás sobre tu vientre», dando a entender que con anterioridad, los reptiles tenían otra forma de desplazarse, lo cual coincide exactamente con la realidad, puesto que los antecesores de las serpientes eran unos animales de cuatro patas parecidos a los dragones. Muchos ofidios conservan todavía en su cuerpo vestigios de los miembros de sus antecesores. <<

[11] El texto bíblico habla de querubines, en plural, y en el Génesis (3,24) se habla específicamente de una espada flamígera. Es de suponer que este tipo de espada no abundaba. <<

[12] En occidente, quede bien claro. Por supuesto que en otras culturas abundan también leyendas clarividentes y cargadas de contenido sobre el origen de la especie humana. <<

[13] A veces, levantar la mano con la palma abierta se interpreta como un símbolo «universal» de buena voluntad. Así parece que ha sido desde los días de la guardia pretoriana hasta la época de los exploradores sioux. Dado que, según muestra la historia humana, es el hombre quien empuña las armas arrojadizas, alzar la mano debería ser, y por lo general lo es, un saludo genuinamente masculino. Por esas y otras razones, la placa que a bordo de la nave espacial Pioneer 10 —el primer artefacto de la historia que abandonó el sistema solar— exhibía las figuras de un hombre y una mujer desnudos; el hombre con la mano en alto, abierta, en actitud de saludo (véase la ilustración 49). En *The cosmic connection* aludo a los dos personajes que figuran en dicha placa como la parte más oscura del mensaje. De todos modos vacilo y me digo que tal vez otros seres de muy distinta biología sepan interpretar el significado del gesto del hombre. <<

[14] Puede que las dificultades que tenemos para comprender o establecer comunicación con otros animales deriven de nuestra reticencia en asimilar otras formas menos familiares de relación con el medio. Por ejemplo, los delfines y los cetáceos, que detectan el entorno mediante un sistema muy perfeccionado de rastreo por eco semejante al sonar, también se comunican entre sí mediante una amplia y perfeccionada serie de chasquidos que hasta el momento no han podido ser interpretados. Una moderna y brillante teoría, a la sazón en fase de investigación, asegura que la comunicación entre dos delfines supone una recreación de las características de reflexión tipo sonar de los objetos descritos por el pez. Desde este ángulo, un delfín no alude al tiburón con una sola palabra, sino que transmite una serie de chasquidos que corresponden al espectro de reflexión auditivo que obtendría al proyectar en un tiburón las ondas acústicas según el modo de detección, semejante al sonar, propio del delfín. Según esta apreciación, la forma básica de comunicación entre dos delfines vendría a ser una especie de onomatopeya aural, un esbozo de imágenes en frecuencia audio, en el caso que nos ocupa esbozos o caricaturas del tiburón. No es difícil imaginar la amplitud de tal lenguaje trasladándolo de las ideas concretas a las abstractas, y mediante el uso de una especie de jeroglífico auditivo, en uno y otro caso análogos al surgimiento del lenguaje escrito en Egipto y Mesopotamia. En dicho supuesto, los delfines estarían en condiciones de crear extraordinarias imágenes audio nacidas de la imaginación más que de sus experiences. <<

[15] Hasta hace muy poco se consideraba que una sola célula somática ordinaria del hombre contenía cuarenta y ocho cromosomas. Ahora sabemos que el número exacto es cuarenta y seis. En cuanto a los chimpancés, parece que tienen, efectivamente, cuarenta y ocho cromosomas, en cuyo caso sería inviable o raro por todos conceptos el cruce de un hombre con un chimpancé. <<

[16] El electroencefalógrafo se debe a la inventiva del psicólogo alemán Hans Berger, quien al parecer trabajó en ello movido por su interés hacia los fenómenos telepáticos. El cerebro del ser humano emite determinadas ondas —por ejemplo, el ritmo alfa— que genera o suprime a voluntad, aunque para ello precisa un poco de entrenamiento. Una vez adiestrado, un sujeto conectado a un electroencefalógrafo y a un transmisor de radio podría, en principio, enviar mensajes bastante complejos en una especie de código Morse de las ondas alfa. Le bastaría simplemente con evocarlos mentalmente en debida forma. Podría ser que dicho método de transmisión tuviera aplicaciones prácticas, como, por ejemplo, la de permitir comunicarse con un paciente inmovilizado por una grave apoplejía. Por razones de tipo histórico, el sueño carente de ensoñaciones se caracteriza, desde el punto de vista del electro, como asueno de onda lenta», y el estado de ensoñación como «sueño paradójico». <<

[17] Robert Bakker, paleontólogo de la Universidad de Harvard, sugiere que por lo menos algunos dinosaurios eran notoriamente animales de sangre caliente. Aun así, es muy probable que no fueran tan insensibles como los mamíferos al cambio de la temperatura diurna y que por la noche redujeran sustancialmente el ritmo de actividad. <<

[18] De hecho, puede afirmarse casi con certeza que las aves son los principales descendientes vivos de los dinosaurios. <<

[19] En 1891, E. Dubois halló en las islas de la Gran Sonda, y concretamente en Java, el primer fósil de *homo erectus*, que presentaba un volumen endocraneal de casi 1.000 c.c. <<

[20] Curiosamente, el primer cráneo representativo del «hombre de Pekín» —el *homo erectus*, cuyos restos guardan estrecha relación con el uso del fuego— fue descubierto por Weng Chung Pei a finales de 1929 en la provincia china de Sinkiang, en un lugar conocido como la Montaña de los Dragones. <<

[21] Después de haber escrito este pasaje descubrí que Darwin había expresado una idea similar. Decía concretamente: «¿No es lícito suponer que los vagos pero no por ello menos reales temores de los niños, que nada tienen que ver con la experiencia, sean resonancias heredadas de peligros reales y toscas supersticiones de la humanidad primitiva? Es bastante congruente con lo que sabemos acerca de la transmisión de rasgos antaño perfectamente desarrollados, que aparezcan en una fase temprana de la vida para luego desaparecer». Como las hendiduras branquiales del embrión humano, añado yo. <<

[22] Dement = loco, demente. (*N. del T.*) <<

[23] Aquel que subraya la relación orgánica y funcional de las partes con el todo. (*N. del T.*) <<

[24] Suele decirse de la marihuana que potencia nuestra apreciación y facultades en el orden musical, de la danza, el arte, el reconocimiento de configuraciones y signos y la receptividad de la comunicación de carácter no verbal. Que yo sepa, nunca se ha dicho de esta droga que mejore la capacidad para leer y comprender a Ludwig Wittgenstein o Emmanuel Kant, calcular la resistencia de los puentes o computar las transformaciones de Laplace. A menudo, el sujeto incluso tiene dificultado para plasmar sus ideas por escrito de una manera coherente. Me pregunto si, más que intensificar, los cannabinoles (ingredientes activos de la marihuana) no se limitan a anular la actividad del hemisferio derecho y permitir el encendido de las luces de la imaginación. Puede que este sea, también, el objetivo de los estados de meditación que preconizan muchas religiones orientales. <<

[25] Me pregunto si tendrá algún relieve el hecho de que, por ejemplo, el latín, el alemán y las lenguas eslavas se escríban de izquierda a derecha. Los habitantes de la antigua Grecia escribían en *boustrophedon* («imitando los surcos del arado»), es decir, de derecha a izquierda, con el siguiente renglón de izquierda a derecha. <<

[26] Otro par de vocablos antitéticos de la parla humana —los términos «blanco» (*white*) y «negro» (*black*)— revelan un conjunto muy diferente de circunstancias. Pese a las expresiones del tipo «tan dispares como el blanco y el negro», ambas palabras —*black* and *white*— parecen tener un mismo origen. El término *black* proviene de la voz anglosajona *blaece*, y el vocablo *white*, del anglosajón *blac*, que todavía está en vigor en las voces emparentadas *blanch*, *blank*, *bleak* y el francés *blanc*. Uno y otro términos tienen como rasgo principal la ausencia de color, y el empleo de la misma palabra para ambas voces se me antoja una muy sutil intuición por parte del lexicógrafo del Rey Arturo. <<

[27] Según parece, los únicos presidentes zurdos que ha tenido Estados Unidos han sido Harry Truman y Gerald Ford. No estoy seguro de si ello se corresponde o no con la (débil) correlación que se ha querido ver entre la predisposición al uso de una determinada mano y la función hemisférica. Tal vez sea Leonardo da Vinci el ejemplo más preclaro de genio creativo entre los zurdos. <<

[28] O dirección hacia abajo, como en las luces del tablero indicador de los ascensores. Nuestros antepasados arbóreos tenían que andar con sumo cuidado en eso del descenso. <<

[29] Quizá deba hacer notar, en defensa de los pigmeos, que un amigo mío que ha pasado tiempo entre ellos señala que en actividades tales como el paciente acecho y caza de mamíferos y peces el pigmeo se prepara intoxicándose con marihuana, que ayuda a soportar la larga espera, tediosa para cualquier especie más evolucionada que el dragón de Komodo. Según dice mi amigo, los nativos sólo cultivan la *cannabis sativa*. Sería irónicamente interesante que el cultivo de la marihuana a lo largo de la historia humana hubiera conducido como norma a la invención de la agricultura y, por esta vía, a la civilización. (Una parodia burlesca del pigmeo intoxicado con marihuana, apostado pacientemente en solitario durante una hora con la caña de pescar en la mano, podría ser la figura del cazador saturado de cerveza, camuflado protectoramente en un rojo tartán, que todos los años, al llegar el día de Acción de Gracias, merodea con paso tambaleante por los bosques aledaños a los barrios residenciales de Norteamérica aterrorizando a sus habitantes). <<

[30] Traducción literal de *out of sight, out of mind*. (*N. del T.*) <<

[31] Según el historiador romano Tácito, los egipcios se jactaban de haber enseñado el alfabeto a los fenicios, «los cuales, siendo señores del mar, lo dieron a conocer a Grecia, con lo que se les otorgó la paternidad de un invento que no era obra suya». Según la leyenda, el alfabeto fue traído a Grecia por Cadmo, príncipe de Tiro, quien andaba en pos de su hermana Europa, raptada por Zeus, padre de los dioses; éste la había raptado bajo la apariencia de un toro para luego conducirla a Creta. Para frustrar toda tentativa de rescate e impedir así que Europa fuese devuelta a Fenicia, Zeus ordenó la construcción de un autómata de bronce que patrullaba con sigilo la isla y ahuyentaba o hundía todas las naves extranjeras que arribaban a Creta. Pero Cadmo proseguía su búsqueda lejos de allí, en tierras griegas. Un día, un dragón devoró a todos sus hombres. Cadmo dio muerte al animal, y atendiendo los consejos de Atenea, el príncipe fenicio sepultó los dientes del dragón en los surcos de un campo arado y cada uno de ellos se convirtió en guerrero. Cadmo y sus hombres fundaron Tebas (de Beocia), la primera ciudad del mundo civilizado, dándole el nombre de una de las dos capitales del antiguo Egipto. Es curioso que en la misma leyenda se recoja el invento de la escritura, la fundación de la civilización griega, la primera referencia conocida a un ser inteligente artificial y la incesante pugna entre el hombre y el dragón. <<